



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**STUDIE RUČNĚ OVLÁDANÝCH HUTNICÍCH
VIBRAČNÍCH ZAŘÍZENÍ**

THE STUDY OF THE HAND-OPERATED COMPACTION VIBRATORY EQUIPMENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Tírala

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Student: **David Tírala**

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Základy strojního inženýrství

Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**

Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Studie ručně ovládaných hutnicích vibračních zařízení

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Studijní rešerše shrnující dosavadní poznatky v oblasti zhutňování ručně vedeným vibračním zařízení. Provedení rozboru rešeršního typu a kritické zhodnocení jednotlivých strojů v rámci skupin se zaměřením na technologické i konstrukční uspořádání strojů, technické a provozní parametry od tuzemských a zahraničních výrobců.

Cíle bakalářské práce:

Současný stav ručně vedené hutnicí techniky.

Legislativní dokumenty vztahující se k ručně vedené hutnicí technice.

Kategorizace ručně vedených hutnicích zařízení.

Popis konstrukce a technologie hutnění u každé z kategorií.

Přehled používaných zařízení od výrobců a porovnání technických parametrů zařízení.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 8085920611.

KERN, Felix a Michaela MAYLÄNDER. Faszination Strassenbau: von widerstandsfähigen Verkehrswegen, spektakulären Baustellen und kraftvoller Maschinentechnik. 1. Aufl. Stuttgart: Motorbuch Verlag, 2005. ISBN 3613024993.

JERÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

MICHALÍČEK, Milan. Dynamika stavebných strojov. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. Edícia skript. ISBN 8022708798.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
ředitel ústavu	děkan fakulty

ABSTRAKT

Studie je zaměřena na celkový pohled na ručně ovládanou hutnicí vibrační techniku. Rozbor zahrnuje přehledné rozdělení, konstrukční popis, popis technologie hutnění, technické a provozní parametry. Práce kriticky hodnotí a srovnává hlavní a poměrné parametry komerčně dostupné techniky u každé z kategorií ručně ovládané hutnicí vibrační techniky. Závěrečná část práce je věnována předpokladům v dalším směřování této oblasti. Shromážděná data komerčně dostupné techniky tuzemských a zahraničních výrobců jsou přehledně shrnuta v tabulkovém uspořádání.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hutnicí zařízení, vibrace, ručně vedený vibrační válec, vibrační deska, vibrační pěch

ABSTRACT

This thesis is focused on an overview of handheld vibratory compaction equipment. The analysis includes a clean distribution, design description, description of compaction technology, technical and operational parameters of commercially available machines for each category of handheld vibratory compaction equipment. Final part of the thesis is dedicated to assumptions in further direction of this field. Collected data of commercially available machines is summarized in tabular form.

KEYWORDS

Compaction equipment, vibration, handheld roller compactor, vibratory plate compactor, vibration rammer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TIRALA, David. Studie ručně ovládaných hutnicích vibračních zařízení. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113201>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

David Tirala

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Jaroslavovi Kašpárkovi, Ph. D. za trpělivost, veškeré odborné rady a připomínky při vypracování této bakalařské práce. Rovněž chci poděkovat své rodině za podporu při studiu.

OBSAH

Úvod	10
1 Legislativa a bezpečnost vztahující se k ručně vedené hutnicí technice	11
1.1 Legislativní dokumentace vztahující se k ručně vedené hutnicí vibrační technice ...	11
1.2 Bezpečnost práce s ručně vedenou hutnicí vibrační technikou	15
2 Všeobecné pojmy zhutňování.....	16
2.1 Změny v zeminách způsobené zhutňováním	16
2.2 Zhutnitelnost zemin	16
2.2.1 Zeminy Soudržné.....	16
2.2.2 zeminy nesoudržné	17
2.3 Způsoby zatěžování	17
2.3.1 Statické zatěžování	17
2.3.2 Dynamické zatěžování.....	17
2.4 Budič vibrace	18
3 Vibrační válce vedené	19
3.1 Válce vedené jednoosé.....	20
3.2 Válce vedené systém „DUPLEX“	20
3.2.1 Hlavní konstrukční části	21
3.3 Válce vibrační příkopové	23
4 Vibrační desky.....	24
4.1 Vibrační desky obousměrné.....	25
4.1.1 Hlavní konstrukční části	26
4.1.2 Pohyb obousměrných vibračních desek	27
4.2 Vibrační desky jednosměrné	28
5 Stroje zhutňující úderem.....	29
5.1 Vibrační pěchy	29
5.1.1 Hlavní konstrukční části	30
5.2 Výbušná dusadla	31
6 Přední výrobci ručně vedené hutnicí techniky	32
6.1 NTC	32
6.2 Lumag	32
6.3 Bomag.....	32
6.4 JCB.....	32
6.5 Mikasa.....	33
6.6 Husqvarna	33
6.7 Ammann.....	33

6.8	Weber mt.....	34
6.9	Wacker Neuson.....	34
6.10	Další výrobci ručně vedené hutnicí vibrační techniky	34
7	Rozbor hlavních a poměrných technických parametrů	36
7.1	Technické parametry vedených jednoosých vibračních válců.....	36
7.2	Technické parametry vedených dvouosých vibračních válců	36
7.3	Technické parametry příkopových vibračních válců.....	41
7.4	Technické parametry jednosměrných vibračních desek	43
7.5	Technické parametry obousměrných vibračních desek	47
7.6	Technické parametry vibračních pěchů	52
9	Další směřování v oblasti ručně ovládané hutnicí techniky	55
	Závěr.....	56
	Použité informační zdroje.....	57
	Seznam použitých zkratk a symbolů	66
	Seznam příloh	67

ÚVOD

Zhutňování je ve snaze zakládat stavby a pozemní komunikace velice důležitým a nezbytným technologickým procesem. Snahou tohoto procesu je docílit zvýšení hustoty zhutňované zeminy. Má-li stavba jakéhokoliv charakteru mít co nejdelší životnost a výdrž, je nutné se zabývat kvalitním zhutněním jejích základů. Jelikož kvalita v pozemních komunikacích znamená v první řadě bezpečnost jak přepravovaných osob, tak nákladů, není divu, že jsou v dnešní době na kvalitu těchto staveb kladeny čím dál vyšší nároky. V případě stavby pozemní komunikace je nutné věnovat velké úsilí nejen kvalitě svrchního krytu komunikace, ale zároveň i přípravě podloží, na kterém bude stavba stát. Podloží a poté i svrchní část musí být rovnoměrně a dostatečně zhutněny jak po celém svém obsahu, tak i do patřičné hloubky. Jedině tak lze zamezit pozdějšímu dodatečnému sedání konkrétní komunikace, jenž zkracuje životnost stavby, způsobuje poškození a ohrožuje tak účastníky provozu. Hutnicí proces by měl proběhnout za co nejkratší dobu a s co nejmenšími energetickými výdaji. I přes jasné požadavky na výsledek je hutnění složitý proces, zejména z hlediska různorodosti zeminy, která se na stavbě může naskytnout. Z toho důvodu je nutné znát její charakter a nasadit tak správnou techniku a způsob hutnění, nebo před hutněním vybrat původní zeminu a poté navázat jednotlivé vrstvy požadovaného podloží.

Pro výstavbu vozovek větších rozměrů se nasazuje těžká hutnicí technika. Lehká, ručně vedená hutnicí technika se na těchto stavbách téměř nevyužívá, s výjimkou dokončovacích a opravných prací, či hutnění na okrajích a v prostorách složitě dostupných těžké technice. Lehkou, ručně vedenou hutnicí techniku rozdělujeme na několik kategorií dle konstrukčního provedení, ty lze dále rozdělovat do tříd dle provozních hmotností. Hlavními místy nasazení ručně vedené hutnicí techniky jsou menší pozemní komunikace, jako jsou výstavby či opravy chodníků, dále hutnění míst nepřístupných těžké technice. To znamená hutnění v příkopech, úzkých prostorách v okolí potrubních systémů, atd. Výběr konkrétního druhu ručně vedené hutnicí techniky pro stavební projekt se odvíjí od rozsahu hutnicí práce, dostupného času, celkového objemu zeminy k zhutnění, typu zeminy, provozní zátěže na vyhotovenou plochu apod.

1 LEGISLATIVA A BEZPEČNOST VZTAHUJÍCÍ SE K RUČNĚ VEDENÉ HUTNICÍ TECHNICE

Každý produkt, jenž je výrobcem dán do oběhu evropského trhu, je povinen odpovídat požadavkům harmonizovaných směrnic EU, bezpečnostním standardům EU a standardům specifickým pro daný produkt.

1.1 LEGISLATIVNÍ DOKUMENTACE VZTAHUJÍCÍ SE K RUČNĚ VEDENÉ HUTNICÍ VIBRAČNÍ TECHNICE

Mezi příslušná ustanovení, která musí každý výrobek splňovat patří:

- Strojní zařízení – směrnice 2006/42/ES [3]
- Emise hluku – směrnice 2000/14/ES [4]
- Elektromagnetická kompatibilita – směrnice 2004/108/ES [5]

Dále se výrobou a provozem vibrační hutnicí techniky zabývá množství evropských či mezinárodních norem, ty jsou označené např. jako ČSN EN, ČSN ISO, ČSN EN ISO. Mezi tyto normy patří:

- **ČSN ISO 7130** (277800) Stroje pro zemní práce - Výcvik obsluhy - Obsah a metody

Tato mezinárodní norma poskytuje základ pro obsah a metody použité pro výcvik obsluhy u strojů pro zemní práce podle ISO 6165. Výcvik dále poskytuje základ pro přípravu obsluhy strojů pro zemní práce, která je dobře obeznámena a rozumí návodům výrobce pro bezpečnou a správnou obsluhu a běžnou údržbu. Zavádí kritéria pro hodnocení způsobilosti osoby, která obsluhuje a může vykonávat běžnou údržbu strojů pro zemní práce, ale nestanovuje žádný postup pro zkoušení odborné způsobilosti nebo hodnocení způsobilosti obsluhy a provádění údržby strojů pro zemní práce. Není určena jako náhrada za vnitrostátní nebo regionální požadavky nebo předpisy vztažené k výcviku obsluhy. [6]

- **ČSN EN 60204-1** ED.2 (332200) Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky

Tato část ČSN EN 60204 platí pro používání elektrických, elektronických a programovatelných elektronických zařízení a systémů u strojů, které nejsou během činnosti přenosné rukou, včetně skupiny strojů, které pracují společně koordinovaným způsobem. [7]

- **ČSN EN ISO 6165** (277400) Stroje pro zemní práce - Základní typy - Identifikace, termíny a definice

Tato evropská norma stanovuje termíny a definice a identifikační členění pro klasifikaci strojního zařízení pro zemní práce navrženého pro provádění, mimo jiných činností, činnost zhutňování zeminy. Účelem této evropské normy je poskytovat jasné prostředky pro identifikaci strojů podle jejich funkce a konfigurace. Příloha A poskytuje postup založený na identifikačním členění používaný touto mezinárodní normou pro klasifikaci strojního zařízení a pro detailní identifikace v souladu s logickým předpokladem při konstrukci. Příloha B poskytuje hierarchii uspořádání ovládačů pro obsluhu strojního zařízení pro zemní práce. Bibliografie poskytuje seznam terminologických norem pro mnoho druhů strojů uvedených v

této mezinárodní normě. V těchto terminologických normách jsou zahrnuty obrázky zobrazující různé konfigurace typů strojů každého druhu stroje. [8]

- **ČSN EN 474-1+A5** (277911) Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 1: Obecné požadavky

Tato evropská norma stanovuje obecné bezpečnostní požadavky pro stroje pro zemní práce popsané v EN ISO 6165. Norma předkládá společné bezpečnostní požadavky pro všechny druhy strojů pro zemní práce a je určena pro použití společně s jednou z částí EN 474, tj. částí 2 až 12. Norma se také zabývá obecnými požadavky pro příslušenství určená pro použití s druhy strojů pro zemní práce a řeší všechna významná nebezpečí, nebezpečné situace a události týkající se strojů pro zemní práce, když jsou tyto stroje používány podle určení a za podmínek nesprávného používání, které je výrobcem rozumně předvídatelné. Tato evropská norma stanovuje příslušná technická opatření pro odstranění nebo snížení rizik vznikajících z významných rizik, nebezpečných situací a událostí, které mohou vzniknout během uvedení do provozu, provozu a údržby strojů pro zemní práce. [9]

- **ČSN EN 500-1+A1** (278311) Pojízdne stroje pro stavbu vozovek - Bezpečnost - Část 1: Společné požadavky

Tato evropská norma specifikuje společné požadavky na konstrukci a výrobu pojízdných strojů pro stavbu vozovek, aby chránily pracovníky před nehodami a ohrožením zdraví, ke kterému by mohlo dojít během jejich činnosti, nakládání, přepravy a údržby. Další specifické požadavky pro určité typy pojízdných strojů pro stavbu vozovek jsou uvedeny v částech 2 až 4 a 6. Tato část normy uvádí bezpečnostní požadavky pro všechny typy pojízdných strojů pro stavbu vozovek a musí být používána společně s jednou z částí 2 až 4 a 6. [10]

- **ČSN EN 500-4** (278311) Pojízdne stroje pro stavbu vozovek - Bezpečnost - Část 4: Specifické požadavky na stroje pro zhutňování

Tato část EN 500 specifikuje bezpečnostní požadavky na stroje pro zhutňování, jak jsou definovány v kapitole 3, a řeší všechna významná nebezpečí, nebezpečné situace a události týkající se strojů pro zhutňování, když jsou používány podle svého určení a za podmínek rozumně předvídatelného nesprávného používání. Tento dokument specifikuje doplňující požadavky a/nebo výjimky k EN 500-1 "Společné požadavky". [11]

- **ČSN EN ISO 11200** (011618) Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Návod pro používání základních norem pro určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech

Tato mezinárodní norma je rámcová norma uvádějící základní soubor ISO 11201, ISO 11202, ISO 11203, ISO 11204 a ISO 11205 pro určování hladin emisního akustického tlaku na stanovištích obsluhy a dalších stanovených místech. Uvádí návod pro: usnadnění tvorby zkušebních předpisů pro hluk, poskytování fyzikálních výkladů této veličiny emise hluku v porovnání s dalšími veličinami hluku, porovnání různých měřicích metod poskytnutých souborem (viz tabulka 1), usnadnění výběru nejvhodnější (nejvhodnějších) metody (metod) v typických situacích v praxi (kapitola 6). Tato mezinárodní norma je převážně založena na vývojových diagramech a tabulkách. Jsou popsány případové studie. Daný pokyn platí jen pro zvuk šířený vzduchem. Obecně je určen pro použití při zkoušení hluku a zejména pro přípravu zkušebních předpisů pro hluk. Normalizovaný zkušební předpis pro hluk je určený k výběru

norem ze souboru ISO 11201, ISO 11202, ISO 11203, ISO 11204 a ISO 11205, které jsou nejvhodnější pro skupinu strojů, jež pokrývá, a které uvádějí podrobné požadavky na podmínky upevnění a provozní podmínky pro příslušnou skupinu jakož i umístění stanoviště (stanovišť) obsluhy a dalších stanovených míst, které jsou předepsány v těchto mezinárodních normách. Takto získané údaje lze použít pro deklarování a ověřování hladin emisního akustického tlaku tak, jak jsou například stanovena v ISO 4871. [12]

- **ČSN EN ISO 11201** (011618) Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech v přibližně volném poli nad odrazivou rovinou se zanedbatelnými korekcemi na prostředí

Tato mezinárodní norma stanovuje metodu určování hladin emisního akustického tlaku strojů a zařízení na stanovišti obsluhy a na dalších stanovených místech in situ. Stanoviště obsluhy je obsazeno obsluhou a smí být v otevřeném prostoru nebo v místnosti, ve které je zdroj provozován, nebo v kabině pevně spojené se zdrojem nebo v uzavřeném prostoru vzdáleném od zdroje. Jedno nebo více stanovených míst smí být umístěno v blízkosti stanoviště obsluhy, nebo v bezprostřední blízkosti stroje bez obsluhy. Tato místa jsou někdy nazývána místem dalších přítomných osob. Určují se hladiny emisního akustického tlaku A. Je-li to požadováno, mohou být podle této mezinárodní normy určovány hladiny emisního akustického tlaku ve frekvenčních pásmech a hladiny špičkového emisního akustického tlaku vážené funkcí C. Získané údaje je přípustné rovněž použít pro deklarování a ověřování hladin emisního akustického tlaku, jak je stanoveno v ISO 4871. [13]

- **ČSN ISO 7574-1** (011614) Akustika - Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 1: Všeobecné zásady a definice

Tato část 1 ISO 7574 definuje pojmy, které se týkají metod a ověření stanovených (např. štítkových) hodnot emise hluku strojů a zařízení. Tato čtyřdílná řada norem platí jak pro stroje vyráběné v malých množstvích, tak pro stroje z hromadné výroby. Norma definuje cca 38 pojmů, významných z akustického a hygienického hlediska. K nejvýznamnějším z hygienického hlediska patří: Hladina akustického výkonu L_W v dB: Desetinásobek dekadického logaritmu poměru daného akustického výkonu k referenčnímu výkonu. Referenční akustický výkon je 1 pW. Hladina akustického výkonu A_{L_W} v dB: Hladina akustického výkonu zdroje hluku stanovená podle příslušného měřicího postupu za použití měřicích přístrojů s frekvenčním vážením funkcí A. Veličina emise hluku, hodnota emise hluku: Základní veličinou emise hluku je hladina akustického výkonu A, L_{WA} . [14]

- **ČSN EN ISO 4871** (011609) Akustika - Deklarování a ověřování hodnot emise hluku strojů a zařízení

Tato mezinárodní norma: uvádí informace o deklarování hodnot emise hluku, popisuje informace o vlastnostech výrobku a akustických údajích, které musí být uvedeny v technické dokumentaci k deklarování emise hluku a stanovuje metody ověřování deklarované emise hluku. Je vhodná pro stroje a zařízení. Hodnoty užívané k deklarování emise hluku jsou jednak hodnoty deklarované emise hluku vyjádřené jedním číslem L_d nebo hodnoty deklarované emise hluku vyjádřené dvěma čísly L a K. L je hodnota emise hluku určená přímo z měření a K je nejistota spojená s tímto měřením. L_d je součet L a K a reprezentuje horní hranici, kterou v daném konfidečním intervalu při opakovaných měřeních hodnota nepřesáhne; L_d odpovídá stanovené nebo označené hodnotě L_c definované v ISO 7574-1. Tyto dva způsoby deklarování

hluku jsou alternativy při uvádění kterékoli, nebo všech hodnot hladiny akustického výkonu A_{LwA} , hladiny emisního akustického tlaku A na stanovených místech L_pA a špičkové hladiny emisního akustického tlaku vážené funkcí C na stanovených místech L_pC_{peak} . Rozhodnutí o tom, který ze dvou způsobu se užije v jednotlivých případech závisí na požadavcích, které se musí splnit. Příslušný zkušební předpis pro hluk uvádí volbu a pokyny pro určení hodnoty K . Směrnice pro určování deklarovaných hodnot emise hluku uvádí příloha A. [15]

- **ČSN EN ISO 3744** (011604) Akustika - Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Technická metoda pro přibližně volné pole nad odrazivou rovinou

Tato mezinárodní norma stanovuje metody určování hladiny akustického výkonu a akustické energie zdroje hluku z hladin akustického tlaku měřených na ploše obklopující zdroj hluku (stroje nebo zařízení) v prostředí, které se blíží volnému zvukovému poli v blízkosti jedné nebo více odrazivých ploch. Z těchto měření je vypočtena hladina akustického výkonu (nebo hladina akustické energie v případě série pulzů hluku nebo emisního přechodového děje) vyzařovaná zdrojem hluku ve frekvenčních pásmech nebo vážená funkcí A . [16]

- **ČSN ISO 2041** (011400) Vibrace, rázy a monitorování stavu – Slovník

Tato mezinárodní norma definuje specifické termíny a výrazy pro obory vibrací, rázů a monitorování stavu. [17]

- **ČSN ISO 5805** (011402) Vibrace a rázy - Expozice člověka – Slovník

Norma ČSN ISO 5805 definuje termíny vztahující se k biodynamice člověka nebo termíny používané ve specifických souvislostech v dalších normách zabývajících se hodnocením expozice člověka vibracím a rázům. Uvádí normalizované definice termínů a doplňuje ISO 2041, neobsahuje však obecné termíny, které lze snadno nalézt ve slovnících. [18]

- **ČSN ISO 20816-1** (011412) Vibrace - Měření a hodnocení vibrací strojů - Část 1: Obecné pokyny

Tento dokument stanovuje obecné podmínky a postupy pro měření a hodnocení vibrací s použitím měření na rotujících, nerotujících částech a částech s nevratným pohybem u kompletních strojů. Je aplikovatelný na měření absolutních a relativních radiálních hřídelových vibrací vztahujících se na monitorování radiálních vůlí, ale vyloučeny jsou axiální hřídelové vibrace. Obecná kritéria hodnocení, která jsou uvedena jak pro velikost vibrací, tak pro změnu vibrací se vztahují na provozní monitorování i na přejímací zkoušky. Kritéria jsou stanovena primárně s ohledem na zabezpečení spolehlivého, bezpečného, dlouhodobého provozu stroje při minimalizování nepříznivých vlivů na připojené zařízení. Uvedeny jsou také pokyny pro nastavení provozních mezí. Kritéria hodnocení se vztahují pouze na vibrace vytvářené samotným strojem a ne na vibrace přenášené z vnějšku. [19]

- **ČSN EN ISO 20643** (011423) Vibrace - Ruční a rukou vedená strojní zařízení - Principy hodnocení emise vibrací

Tento dokument poskytuje základ pro navrhování zkušebních předpisů pro vibrace ručního a rukou vedeného mechanizovaného strojního zařízení. Specifikuje určení emise vibrací přenášených na ruce ve tvaru efektivní hodnoty frekvenčně váženého zrychlení během

typového zkoušení. Tento dokument platí pro ruční mechanizovaná nářadí, mechanizované stroje vedené rukou a další druhy mechanizovaných strojů vybavených rukojeťmi, vodicími tyčemi nebo podobnými prostředky ovládání. Vztahuje se na strojní zařízení napájená ze všech zdrojů (elektrický, hydraulický, pneumatický, vlastní spalovací motor atd.). [20]

- **ČSN EN 12096 (011429) Vibrace - Deklarování a ověřování hodnot emise vibrací**

Tato evropská norma stanovuje požadavky na deklarování a ověřování hodnot emise vibrací. Platí pro hodnoty vibrací přenášených na ruce a celkových vibrací získaných měřeními podle norem typu B a typu C. Tato norma uvádí návod pro deklarování hodnot emise vibrací, popisuje vibrace a výrobní informace, které se mají uvádět v technické dokumentaci dodávané výrobcem uživateli a stanovuje metodu ověřování deklarovaných hodnot emise vibrací stanoveným výrobcem. [21]

- **ČSN EN ISO 5349-1 (011406) Vibrace - Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce - Část 1: Všeobecné požadavky**

Tato část ISO 5349 specifikuje obecné požadavky na měření a uvádění expozice vibracím přenášeným na ruce ve třech navzájem kolmých směrech. Stanovuje filtr frekvenčního vážení a filtr na omezení pásma, aby se umožnilo jednotné porovnání měření. Získané hodnoty lze použít k predikci nepříznivých účinků vibrací přenášených na ruce ve frekvenčním rozsahu pokrytém oktávovými pásmy od 8 Hz do 1 000 Hz. Poskytuje návod pro hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce, specifikované ve tvaru frekvenčně váženého zrychlení vibrací a denní doby expozice. Nestanovuje limitní hodnoty bezpečné expozice vibracím. [22]

- **ČSN EN ISO 5349-2 (011406) Vibrace - Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce - Část 2: Praktický návod pro měření na pracovním místě**

Tato část ISO 5349 poskytuje směrnice pro měření a hodnocení vibrací přenášených na ruce na pracovním místě v souladu s ISO 5349-1. Popisuje předběžná opatření, která je třeba splnit při provádění reprezentativních měření vibrací a při určování doby denní expozice při každé činnosti, pro účely výpočtu energeticky ekvivalentní souhrnné hodnoty vibrací za 8 h (denní expozice vibracím). [23]

1.2 BEZPEČNOST PRÁCE S RUČNĚ VEDENOU HUTNÍCI VIBRAČNÍ TECHNIKOU

Z hlediska bezpečnosti práce s ručně vedenou hutnicí vibrační technikou je stěžejní, aby si řádně vyškolená obsluha stroje starší 18 let, pečlivě prostudovala návod k používání stroje, jenž bude obsluhovat. Je nutné, aby při práci s ním poté pracovala vždy v souladu s návodem. Dále je obsluha povinna před zahájením pracovního úkonu prohlédnout stroj, překontrolovat funkčnost ovládacích prvků a bezpečnostních zařízení. Pro účel bezpečnosti práce je dále nutné, aby obsluha respektovala technologický postup prací a pokyny odpovědného pracovníka.

Operátor stroje je povinen přizpůsobit rychlost pohybu stroje stavu terénu a povětrnostním podmínkám, dále trvale pozorovat průjezdný profil pro zamezení střetu s případnou překážkou. V případné práci ve svahu musí obsluha navádět stroj tak, aby v případě převrácení či ujetí stroje nebyla ohrožena. Při ukončení nebo přerušení provozu stroje musí být stroj zabrzděn parkovací brzdou. Obsluha je povinna používat při práci ochranné pomůcky, jako jsou pracovní oděv, pracovní obuv a ochrana sluchu.

2 VŠEOBECNÉ POJMY ZHUTŇOVÁNÍ

Zhutňování je technologický proces definovaný jako metoda, při které se mechanicky zvyšuje objemová hmotnost zeminy působením statického, dynamického nebo kombinovaného zatížení. Jde o proces zajišťující stabilitu zemních konstrukcí s cílem zamezit sedání jednotlivých konstrukčních vrstev vlivem provozního zatížení. Krom snížení dalšího sedání půdy také zamezuje protékání vody a zvyšuje celkovou zátěžovou kapacitu konstrukce zlepšením mechanických vlastností zeminy, kupříkladu pevnosti ve smyku či zmenšení tření mezi individuálními zrny. [1], [2], [24]

2.1 ZMĚNY V ZEMINÁCH ZPŮSOBENÉ ZHUTŇOVÁNÍM

V každé zemině jsou mezery mezi jednotlivými zrny vyplněny vzduchem (plynem) a vodou. Při jejich zatěžování dochází k jedné ze dvou deformací: pružné či plastické. V případě, že po dokončení zatěžování dochází k návratu zeminy do původní polohy, jde o deformaci pružnou. Při zatížení dochází v místě dotyku ke zmenšení prostoru naplněného vzduchem a vodou. V místech menšího napětí dochází ke zvětšení tohoto prostoru. Po odlehčení zatížení se vodní prostory opět vzájemně vyrovnají. K tomu, aby částice vzájemně zaujaly novou polohu, by bylo potřeba účinkujícím tlakem působit tak dlouho, aby došlo k vyrovnání tlaku vzduchu. O deformaci plastické se hovoří v případě, že vlivem zatížení částice vzájemně zaujmou novou, těsnější polohu díky místa vzniklého vytlačení vzduchu z pórů zeminy. Stav, kdy by se ze zeminy vytlačil veškerý vzduch, nelze nikdy zcela dosáhnout. Kupříkladu v jílech a hlínách vždy zůstává aspoň 5-6% vzduchu. [2]

2.2 ZHUTNITELNOST ZEMIN

Za ukazatel zhutnění zeminy se považuje dosažený rozdíl v její objemové hmotnosti ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) pro suchou zeminu. Zhutnitelnost zeminy je charakterizována velikostí odporu, který zemina klade vůči zhutnění. Pro dosažení optimálního zhutnění za co nejvýhodnějších ekonomických podmínek je stěžejní znát parametry zeminy, která bude předmětem hutnění. Dle těchto parametrů je totiž volen jak stroj užitý k hutnění, tak způsob samotného hutnění. V rámci mechaniky zemin rozlišujeme zeminy tří tříd, a to zeminy soudržné, zeminy nesoudržné a jejich směsi. Existuje několik způsobů, kterými lze zhutnění zemin měřit. Jedním způsobem je metoda laboratorní, kdy dojde k odebrání vzorku zeminy, která se následně za laboratorních podmínek hutní rázy beranu. Zde se zjistí dosažená objemová hmotnost zeminy za ideálních podmínek, která se posléze pro stanovení míry zhutnění postaví do poměru s docílenou objemovou hmotností zjištěnou ze vzorku zeminy staveništní praktickou zkouškou. Dalším způsobem měření zhutnění zeminy je metoda přímého měření. Tato metoda spočívá v zaznamenávání zpětných reakcí vibrujícího běhounu proti zhutňované zemině v reálném čase. Tyto reakce jsou registrovány snímačem, umístěným na rámu stroje a platí, že čím je podklad tvrdší, tím budou tyto reakční síly větší. Data ze snímače jsou zpracovávána počítačem a ihned promítána obsluze stroje prostřednictvím displeje. [2]

2.2.1 ZEMINY SOUDRŽNÉ

Zeminy soudržné jsou zeminy o nejmenších částicích. Patří mezi ně jíly, které mají velikost částic pod 0,006 mm, hlína, jejíž velikost zrn se pohybuje do 0,05 mm, či prach (silt), jehož zrna mají velikost od 0,005 mm do 0,05 mm, spraše a další. Charakterizují se jako hustý materiál dohromady pevně svázaný mezimolekulovými interakcemi. Ve vlhkém stavu jsou plastické a mohou být tvarovány. V suchém stavu se stávají velmi tvrdými. Optimální vlhkost zeminy je u soudržných materiálů kritická pro efektivní hutnění. V případě, že se zhutňuje

zemina o větším obsahu vody, než je optimální, dojde k vylepšení její vodotěsnosti na úkor deformačních vlastností. K podstatnému snížení dojde u její smykové pevnosti. Pakliže se zhutňuje zemina o obsahu vody menším, než je optimální, budou dosažené smykové pevnosti poměrně vysoké a zemina bude působit velice únosně, nicméně pouze do té doby, než dojde k dodatečnému provlhlčení srážkovou, či spodní vodou. [2], [24]

2.2.2 ZEMINY NESOUDRŽNÉ

Mezi zeminy nesoudržné patří písky, které mají velikost mezi 0,05 mm a 2 mm, a různé šterkové zeminy, jejichž velikost zrn spadá přibližně nad 2 mm. V případě šterku je maximální objemové hustoty dosaženo až již v plně suchém stavu, či ve stavu vlhkém. U písků se maximální objemové hustoty dosahuje buďto ve zcela suchém stavu, či při obsahu vody nad přibližně 10%. Zhutňující efekt statickým zatížením je u nesoudržných zemin poměrně malý. Nejeefektivnější sedání materiálu nastává při setřesení písku. Sypké zeminy se účinně zhutňují technikou, která na zeminu působí chvěním, či otřesy, tudíž technikou vibrační. [2], [24]

2.3 ZPŮSOBY ZATĚŽOVÁNÍ

Hlavním účelem zhutňovacích strojů je vyvinout na zeminu sílu takovou, která bude mít za důsledek překonání vnitřního tření v zemině a přesun jejích částic takovým způsobem, aby došlo k co největšímu zmenšení mezer mezi jednotlivými zrny a došlo k zvýšení objemové hmotnosti zeminy. Této síly lze dosáhnout statickou tíhou stroje, dynamickým působením stroje, či kombinací těchto účinků.

2.3.1 STATICKÉ ZATĚŽOVÁNÍ

Statické působení tíhou stroje na zeminu lze rozdělit na zatěžování čistě tlakem (statické válce), či tlakem a zároveň hnětením (profilované válce). [1]

TLAKOVÉ ZATĚŽOVÁNÍ

U tlakového působení dochází k vytváření tlaku pojezdem statického válce, který v zemině způsobuje napětí. Překoná-li toto napětí vnitřní odpory v zemině, dojde k vytěsňování vody a vzduchu. Pro popis tohoto napětí slouží veličina zvaná statické lineární zatížení F_g (kg/cm). Jde o rozložení osového zatížení na jeden cm délky běhounu stroje. Výrobci strojů mnohdy uvádějí lineární zatížení jako rozložení váhy na cm běhounu stroje. [1], [2]

ZATĚŽOVÁNÍ HNĚTENÍM

Z hlediska ručně vedené vibrační techniky se lze s hnětením zeminy setkat u profilových běhounů příkopových tandemových vibračních válců. Ty jsou vybaveny válci o ježkových profilech. Takové válce mají po svém povrchu systematicky rozmístěny trny, které jsou při pojezdu vtlačovány do povrchu zeminy. Dochází zde k vertikálním i horizontálním posuvům zeminy, což má za následek lepší únik stlačeného vzduchu a vody z dutin mezi zrny zeminy a tudíž i k jejímu efektivnějšímu zpracování a zhutnění. [1], [2]

2.3.2 DYNAMICKÉ ZATĚŽOVÁNÍ

Dynamické působení na zeminu lze rozlišit na zatěžování vibračním působením a nárazem, případně jejich kombinací. Stroje toto dynamické působení vyvíjí prostřednictvím rotačních excentrických závaží, či soustavou klikové hřídele a pružin. [1]

NÁRAZOVÉ ZATĚŽOVÁNÍ

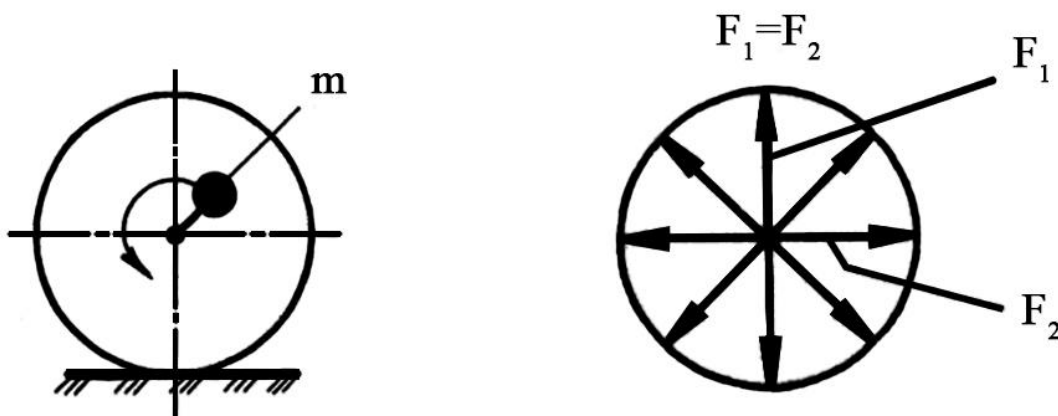
Nárazové zhutňování, neboli dusání, spočívá v zhutňování zeminy jednotlivými silnými nárazy určité hmoty, padající na zeminu volným pádem. V rámci kombinace působení nárazového s vibrací hovoříme o tzv. vibračním pěchování. To spočívá v rozkmitání zeminy vlivem patky vibračního pěchu údery o větší frekvenci a menší amplitudě, nežli u samotného nárazového zatěžování. [2]

VIBRAČNÍ ZATĚŽOVÁNÍ

Podstatou zhutňování vibračním působením jsou dynamické účinky vynuceného kmitání o velkém počtu úderů o malé amplitudě. Přenášení nárazů do zeminy je prováděno prostřednictvím kmitajícího běhounu či vibrační desky. Tento rychlý sled úderů ovlivňuje jak svrchní část zeminy, tak hlubší vrstvy. Vibrace postupují zeminou a uvádí její částice do pohybu, které vzájemně mění polohu, směřující k co nejvyšší objemové hustotě. [1], [2], [24]

2.4 BUDIČ VIBRACE

Hlavní částí základního budiče vibrací, budícího tzv. neusměrněnou kruhovou vibrací (obr. 2.4.1), je rotující výstředník (excentr, nevývažek), jenž při své rotaci vyvolává odstředivou sílu do všech směrů. Ten může být svým konstrukčním provedením různý. Krom plného, jednoduchého tvaru může být i dutý a plněný kupříkladu ocelovými kuličkami nebo může být složen s více částí. Takové výstředníky zvláštních tvarů se objevují u dvoustupňových vibrátorů se změnou frekvence i velikosti odstředivé síly. Změna stupně se poté navozuje změnou smyslu otáčení. Vibrace může být v případě protiběžných výstředníků i usměrněná. To znamená, že se vzájemně vyruší veškeré složky odstředivé síly až na ty ve svislém směru. [1]



Obr. 2.4.1 Kruhová vibrace, m – výstředník, F_1 , F_2 – odstředivá síla [2]

3 VIBRAČNÍ VÁLCE VEDENÉ

V rámci zhutňovacího procesu vibračním válcem je na zeminu působeno statickým tlakem, vibrací a v některých případech i hnětením. Takovýmto dynamickým působením dochází ke zmenšení objemu vlivem rozkmitání pevných částic, nabývajících rozdílných rychlostí dle jejich hmotnosti. Dochází zde tedy k narušení vnitřního tření a přeskupování pevných částic. Účinnost vibračních válců je posuzována dle následujících kritérií:

- hmotnost stroje, průměr běhounu
- jmenovitá (teoretická) amplituda a frekvence vibrátoru
- odstředivá (hutnicí) síla vibrátoru

Vibračních válců u ručně vedené techniky je využíváno zejména pro hutnění nesoudružných zemin (štěrk, škvára a písky a drti, do střední velikosti zrna, max. 63 mm) a živičných povrchů, jako je kupříkladu asfalt. V případě ježkových běhounů, které se využívají u příkopových vibračních válců, lze hutnit i soudržné zeminy. [1]

Jde o samohybná hutnicí válcová zařízení, zpravidla o dvou běhounech uspořádaných v tandemu s malým rozvorem, nicméně válec může být i pouze jeden. Ovládání je zajištěno mimo stroj na oji či ovládací desce operátorem. Jedná se o regulaci pojezdu, směru, vibrace a účinnosti vibrace, tudíž amplitudy a frekvence. [2]

V závislosti na konstrukci a účelovém zahrnutí rozdělujeme ručně vedené vibrační válce následovně:

- a) Válce vibrační vedené jednoosé
- b) Válce vibrační vedené systém „DUPLEX“ (dvouosé) (obr. 3.1)
- c) Válce vibrační příkopové, zpravidla s profilovými běhouny



Obr. 3.1 Vibrační válec vedený - systém DUPLEX BW 65 H D/E, firmy BOMAG [26]

3.1 VÁLCE VEDENÉ JEDNOOSÉ

V místech, která mohou být pro klasický, tandemový vedený vibrační válec moc malá, se nabízí využití vibračního válce jednoosého. Vibrační válec jednoosý (obr. 3.1.1) má pouze jeden běhoun. Je tím pádem skladnější, lehčí a manévrovatelnější. Využití nachází zejména při malých opravách děr na pozemních komunikacích. Hodí se rovněž na výstavbu nebo údržbu chodníků a cyklostezek. Konstrukčně se od tandemových válců příliš neliší. Budič vibrace se nachází v běhounu. Pro stabilitu může být opatřen malým, podpurným válcem či pneumatikovým kolem. [25]

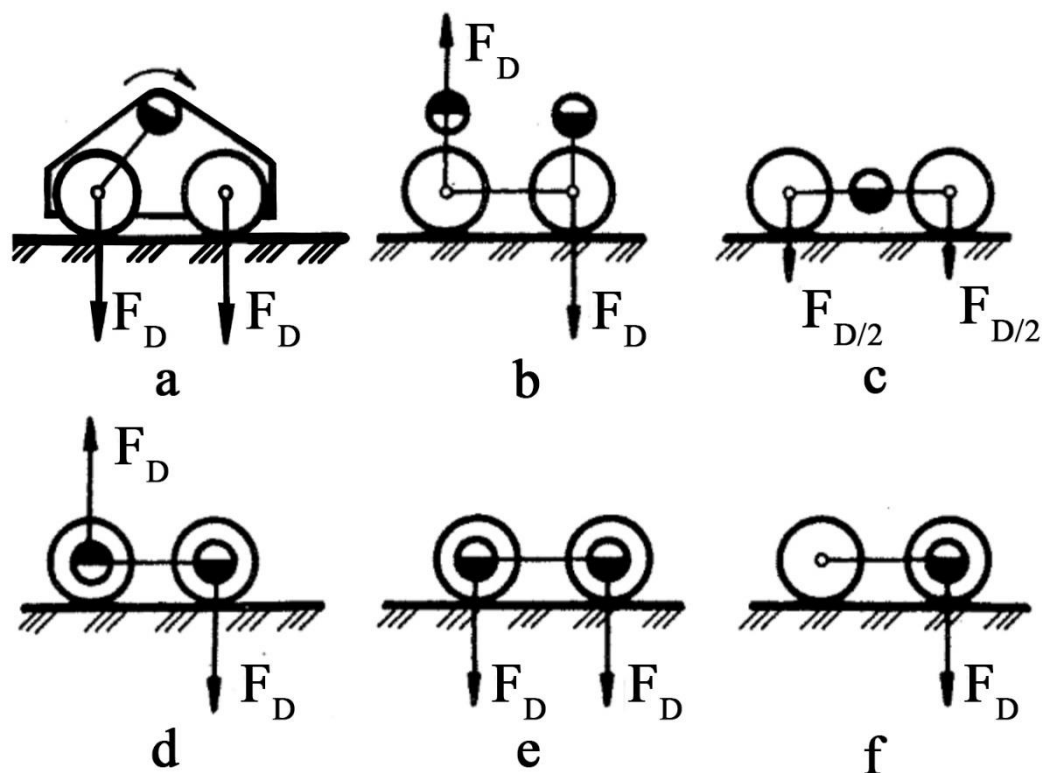


Obr. 3.1.1 Vibrační válec vedený jednoosý SD 580, firmy JCB [27]

3.2 VÁLCE VEDENÉ SYSTÉM „DUPLEX“

Dva běhouny, od kterých je odvozen název těchto vedených hutnicích zařízení, jsou umístěny v tandemu o malém rozvoru. Pro docílení zhutňovacího procesu se motorická síla přenáší na sílu dynamickou obou běhounů. Varianty organizace budičů vibrace u těchto zařízení a působení dynamických sil jsou uvedeny na obr. 3. Nejčastěji jsou budiče vibrace umístěny v samotných běhounech, mohou být ale rovněž připevněny k rámu stroje, který je pevně spojen s běhouny a od zbytku stroje odizolován gumokovky pro zamezení šíření vibrací jinak než na běhouny. Na obr. 3.2.1, poz. d, je znázorněna nejčastější varianta uspořádání budičů vibrace pro tyto stroje. Výstředníky jsou situovány na osách běhounů, mají opačné natočení a synchronizovaný pohyb. Běhouny, jelikož vůči sobě nejsou odpruženy, vytváří kmitající soustavu. Zatímco první běhoun působí na zeminu rázem o síle F_D , druhý běhoun je odstředivou silou F_D nadzvednut směrem nahoru. Při nastávající půli otáčky se stavy běhounů vyměňují. V případě práce válce o frekvenci $f=50$ Hz bude budič konat 3000 ot/min ($50 \cdot 60 = 3000$), zařízení tedy zemině udělí $2 \cdot 50 = 100$ rázů/s, to dělá 6000 rázů/min. Výhoda malého rozvoru

běhounů spočívá v prolínání vibračních vln z budičů vibrace v zemině, což má za následek udržení zeminy v „tekutém“ stavu delší časový úsek, zlepšující tak zhutňovací efekt. [2]



Obr. 3.2.1 Varianty organizace vibračních budičů a válců: a – jeden budič vibrace na stroji, b – dva budiče vibrací na stroji vůči sobě pootočený o 180° , c – jeden budič vibrace mezi běhouny, d – dva budiče vibrací v běhounech, vůči sobě pootočený o 180° , e – dva budiče vibrací v běhounech, f – jeden budič vibrace v jednom běhounu. [2]

3.2.1 HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI

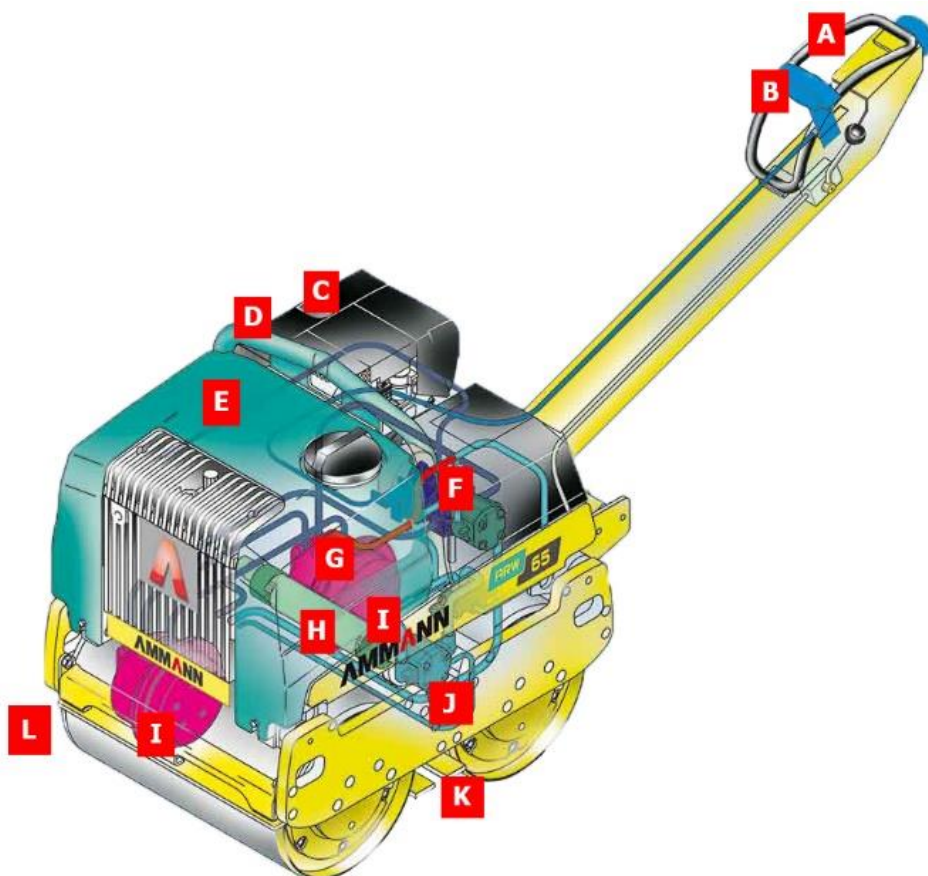
Popis je proveden dle [2], [28]:

V závislosti na konstrukčním provedení mohou být rámy stroje v tuhém i kloubovém provedení. Ručně vedené vibrační válce (obr. 3.2.2) mají tyto části:

(A) ergonomická, vibrace pohlcující a pro snadný transport polohovatelná řídicí oj s integrovanou kontrolní pákou „mrtvého muže“ pro maximální bezpečnost pracovníka, (B) hydrostatická páka. Dohromady tyto ovladače hlavních funkcí stroje řídí:

- Rychlost pojezdu, pro hydrostatické pohony i převod do reverzního chodu,
- Spouštění vibrace, pakliže neprobíhá samočinně při pojezdu,
- Regulaci frekvence a amplitudy,
- Pro stroje s rámem v kloubovém provedení natáčení poloviny rámu za účelem změny směru jízdy.

Pro válce s rámem v tuhém provedení se změna směru jízdy provádí nasměrováním oje do preferovaného směru. Pro usnadnění tohoto manévrování mohou být některé modely vybaveny podvozkem s jedním pneumatikovým kolem. (C) Vzduchem chlazený spalovací motor. (D) Pevný ochranný rám se středovým bodem pro zvedání. (E) Vodní nádrž s ostříkovacím systémem pro hutnění asfaltového povrchu. (F) Dvě hydraulické pumpy pro pohánění pojezdů běhounů a pohonu budiče vibrace, alternativa pro v převážné většině případů využívaného klínového řemenu. (G) Integrovaná hydraulická parkovací brzda. (H) Hydrostaticky regulovatelný budič vibrace. (I) Hydrostatické pohony pojezdu běhounů v obou válcích, umožňují rovnoměrnou změnu rychlosti 0-5 km/h i v reverzním chodu. U mechanických pohonů je krouticí moment přenášen přes spojku do často dvoustupňové převodovky, kde první stupeň slouží jako rychlost pracovní do 1.6 km/h, zatímco stupeň druhý, do 4 km/h, je stupněm přepravním. (J) Hydraulický pohon budiče vibrací. (K) Dvě otírací lišty pro zaručení čistých povrchů hladkých běhounů při práci na asfaltovém povrchu. (L) Volná strana válce umožňující jízdu těsně u překážky, jako je kupříkladu zeď nebo obrubník.



Obr. 3.2.2 Vibrační válec vedený - systém DUPLEX ARW 65, firmy AMMANN: A – řídicí oj, B – hydrostatická páka, C – spalovací motor, D – rám určený k jeřábové manipulaci, E – vodní nádrž, F – přenos pohonu budičů vibrace a pojezdu běhounů, G – parkovací brzda, H – budič vibrace, I – pohon pojezdu běhounů, J – pohon budiče vibrací, K – otírací lišty, L – volná strana válce [28]

3.3 VÁLCE VIBRAČNÍ PŘÍKOPOVÉ

Pro značné problémy při zhutňování ve stísněných prostorách, jako jsou stavební jámy či díry pro kladení potrubí, bylo nutné hutnící techniku inovovat a zavést tedy tyto válce. Jejich převážné využití, jak již napovídá jejich název, se pohybuje kolem zhutňování zemin v úzkých rýhách soudrzných a smíšených půd. Dalšími oblastmi jejich činnosti nicméně mohou být stavby pozemních komunikací nebo zhutňování rozlehlých ploch. Z hlediska konstrukčního provedení se pohonem a řízením podobají vedeným dvouosým vibračním válcům (systém DUPLEX), s tím rozdílem, že u válců příkopových nenajdeme z důvodu kompaktnosti řídicí oj a jejich řídicí páky jsou tedy situovány přímo na stroji. Rozdílné jsou také běhouny, jež jsou u válců příkopových profilové a vzadu i vepředu dělené. Profilový, většinou ježkový, běhoun umožňuje zhutňování soudrzných zemin, což eliminuje potřebu odstraňovat a navážet zeminu. Ježkové válce rovněž umožňují stroji stoupat či klesat pod větším úhlem. Pohon běhounů je samostatný a může být mechanický nebo hydrostatický. Pro požadavek vynaložení pokud možno co největší dynamické síly F_D je u válců příkopových organizace budičů dle obr. 3.2.1, varianta e. Dynamická síla stroje je rovna $2 F_D$. Z důvodu bezpečnosti jsou tyto stroje vybaveny infračerveným dálkovým ovládáním pro práci v hlubších prostorách, kde by teoreticky mohl hrozit sesuv půdy. U moderních strojů tohoto typu je dobíjení infračerveného dálkového ovládání pokryto solárními články na ovladači. Z hlediska konstrukce rámu existují, stejně jako u vibračních válců – systém DUPLEX, jak varianty kloubové, tak varianty s rámem pevným (obr. 3.3.1). [2]



Obr. 3.3.1 Vibrační válec příkopový s pevným rámem ARR 1585, firmy AMMANN (vlevo) a vibrační válec příkopový s kloubovým rámem ARR 1575, firmy AMMANN (vpravo) [29], [30]

4 VIBRAČNÍ DESKY

Vibrační desky jsou hutnicí zařízení, která hutnicího účinku dosahují působením dynamických impulsů vyvolaných budičem vibrace na zhutňovanou zeminu. Budič vibrace vytváří odstředivou sílu a ta je mnohonásobně větší než tíha celé desky. V momentě, kdy tato síla působí směrem nahoru (výstředník budiče vibrace je ve stavu, kdy je směrem nahoru), je deska nadzvednuta 1-5mm. V následujícím okamžiku vlivem své tíhy a odstředivé síly, která nyní působí dolů (výstředník je otočen směrem dolů), padá na zeminu. Zde dochází k vytvoření plošného napětí z desky na zeminu, což má za důsledek zhutňovací efekt. To, jak velký tento efekt bude, závisí na intenzitě a množství impulsů předávaných zemině. Jelikož je po celý průběh zhutňování zachována konstantní velikost kontaktní plochy, je konstantní i měrný tlak mezi plochou půdy a plochou desky. Dle dosaženého měrného tlaku jsou vibrační desky rozdělovány na:

- lehké – p je v rozmezí 0,005 až 0,01 MPa,
- střední – p je v rozmezí 0,01 až 0,15 MPa,
- těžké – $p > 0,15$ MPa.

Pohyb kupředu je u vibračních desek způsoben horizontální složkou odstředivé síly F_C . Ta se projevuje ve chvíli, kdy je deska odlehčena od země. Manipulace do stran se u těžkých desek docílí pomocí dělených usměrněných vibrátorů, které umožňují z obou stran desky vytvářet různé síly, což má za efekt natáčení desky. Dle pohyblivosti rozdělujeme vibrační desky na:

- vibrační desky s obousměrným pohybem (obr. 4.1.1),
- vibrační desky s jednosměrným pohybem (obr. 4.1).

Využití vibrační desky s jednosměrným pohybem nacházejí při hutnění nesoudržných, či slabě soudržných zemin, dále drobného kameniva, suchého betonu, živich vrstev či dlažeb. V případě vibračních desek s pohybem obousměrným se pro jejich vyšší provozní hmotnost využití vztahuje na všechny druhy soudržných i nesoudržných hornin. Umístění počátku budící síly je u symetrických vibračních desek nad těžištěm nebo přímo v těžišti. Budiče jsou s kruhovou či usměrněnou vibrací. Umístěny jsou na pevno s aktivní deskou. Celá tato část je pro zamezení přenosu vibrací do zbytku stroje odizolována tlumícími prvky, které jsou pružinového charakteru, z gumokovů apod. Moderní vibrační desky bývají vybaveny infračerveným dálkovým ovládáním pro případ nutnosti práce ve stísněných prostorách, kde by mohlo dojít k ohrožení bezpečnosti obsluhy vlivem případných sesuvů půdy apod. [1], [2]

Mezi nevýhody použití vibračních desek lze zahrnout:

Popis je proveden dle: [2]

- a) Nutnost brát v potaz, že jejich hutnicí účinek je na povrchu menší. Jeho působení začíná až přibližně 5 cm pod povrchem.
- b) Problematické posouvání vibrační desky v následujících případech:
 - Převyšuje-li čelní odpor půdy posuvnou sílu vibrační desky v případě volné (nakypřené) zeminy, u které dochází k většímu zahloubení desky do zeminy.
 - Při zhutňování půdy o značné vlhkosti, kdy dochází k tvorbě bahna.
 - Při rezonanci. Ta nastává v případě shody frekvence rázů udělených půdě strojem s vlastní frekvencí.

- V situaci, kdy dochází k pohybu na zvláště nerovném terénu. Deska tedy není v požadovaném styku se zemí.



Obr. 4.1 Vibrační deska jednosměrná VD18, firmy NTC [31]

4.1 VIBRAČNÍ DESKY OBOUSMĚRNÉ

Obousměrné vibrační desky jsou zpravidla těžší a výkonnější než ty s jednosměrným pohybem. Oproti těm jednosměrným mají dva budiče vibrace, právě pro reverzaci chodu. Lze jich využít snad na všech druzích materiálu, ty nejtěžší a nejvýkonnější dokonce i na soudržných zeminách.



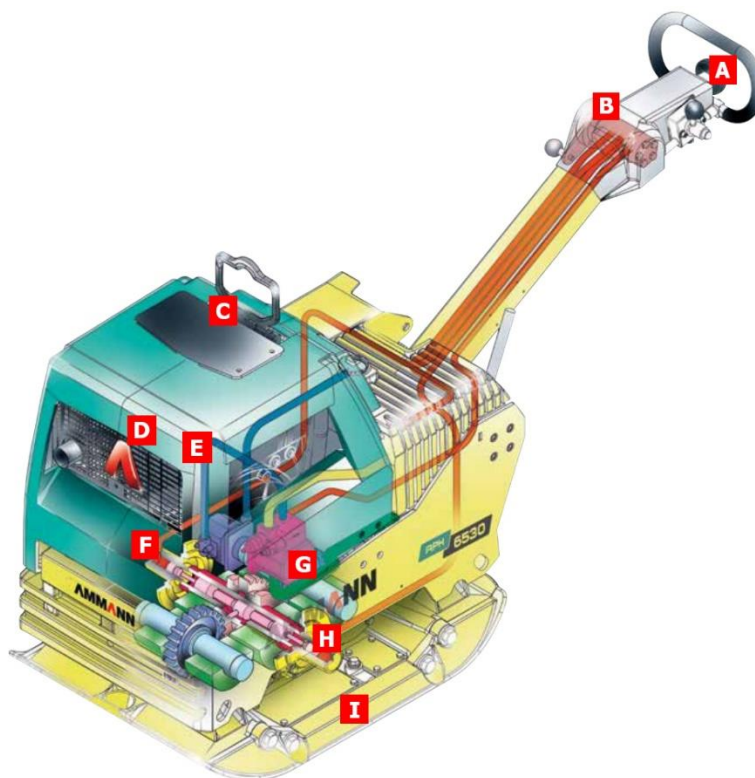
Obr. 4.1.1 Vibrační deska obousměrná CR 4i, firmy Weber MT [32]

4.1.1 HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI

Popis je proveden dle: [2], [33]

Vibrační desky obousměrné (Obr. 4.1.1.1) mají následující části:

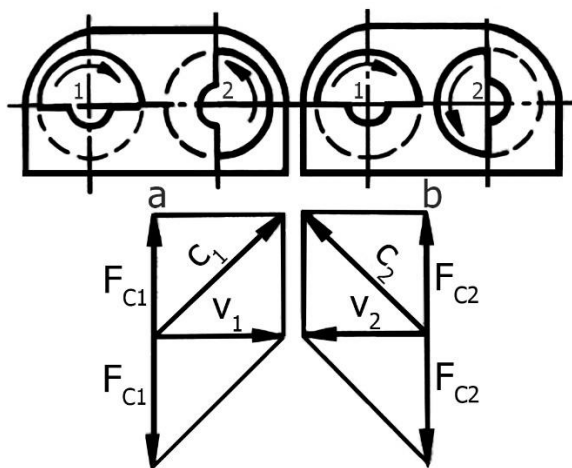
(A) Rukojeť na řídicí oji stroje s (B) ovládacími prvky, v tomto případě obsahující nouzový vypínač a polohovatelnou, zamykatelnou ručku pro řízení orbitrolu. Vibrace mohou být aktivovány nezávisle na motorovém pohonu. (C) Kapota motoru pro snadné zpřístupnění všech servisních bodů, ochranný rám se středovým zvedacím bodem pro přepravní manipulaci. (D) Vzdušně chlazený spalovací motor pro pohon budičů vibrace, může být jak na naftu, tak na benzín. (E) Přenos pohonu z motoru na budiče vibrací – excentrické hřídele, v tomto případě jde o hydraulickou pumpu, eliminující využití klínového řemenu a odstředivé spojky a tudíž náklady spojené s jejich údržbou. (F,G) Hydrostatický pohon excentrických hřídelí a regulace natočení výstředníků. V tomto případě řízeno orbitrolem, regulovaným ručkou na řídicí oji. (H) Budiče vibrací, u jednosměrných vibračních desek jde pouze o jednu excentrickou hřídel. U obousměrných vibračních desek jsou hřídele dvě. V tomto případě u řešení firmy AMMANN pro těžkou kategorii vibračních desek jsou excentrické hřídele tři. (I) Aktivní deska stroje, obvykle ocelová, či z abrazivzdorné litiny. Může být rovná nebo zaoblená do elipsy. Je-li potřeba, lze pro rozšíření desky přimontovat nástavce. Rovněž je možné využití desek z umělých hmot, chceme-li zarovnávat některé plochy z různých materiálů. Pro srovnání dlaždic či chodníků se na desky montují válečky.



Obr. 4.1.1.1 Vibrační deska obousměrná APH 6530, firmy AMMANN: A – řídicí oj, B – ovládací prvky, C – kapota motoru, D – spalovací motor, E – přenos pohonu budičů vibrace, F, G – pohon budičů vibrace, H – budič vibrace, I – deska [33]

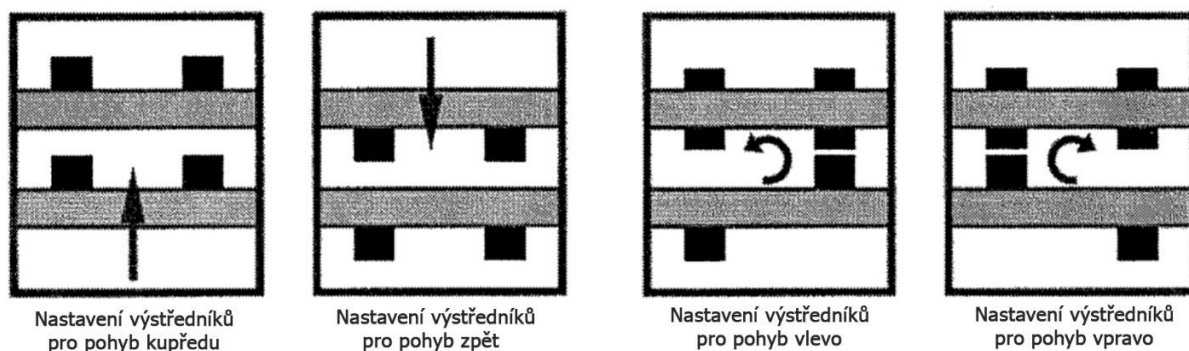
4.1.2 POHYB OBOUSMĚRNÝCH VIBRAČNÍCH DESEK

Pohybu do obou směrů se u vibračních desek dosahuje pomocí dvou protiběžných výstředníků. U vibračních desek středních a těžkých kategorií se krom jednoho, napevno namontovaného excentrického hřídele, montuje ještě excentrický hřídel druhý. Výstředníky na této druhé hřídeli jsou polohovatelné do dvou poloh, dle obr. 4.1.2.1 (2 vlevo a 2 vpravo). Při protiběžném chodu výstředníků na hřídelích dochází ke sčítání jejich točivých momentů a silových složek, rovněž dle obr. 8. V případě polohy výstředníku (2) vpravo (a), dochází při pohybu k odklonění výsledné odstředivé síly C_1 ze svislého směru. Její vertikální složka F_{C1} pak při směru dolů bude zhutňovat, či při směru nahoru desku nadnášet (v amplitudě). Horizontální složka odstředivé síly C_1 bude pak představovat rychlost v_1 (m/min) desky, která způsobuje posuv kupředu, v tomto případě to je vpravo. Při natočení výstředníku (2) vlevo (b), bude výsledná odstředivá síla C_2 vytvářet pohybovou složku v_2 , jež zapříčiní pohyb desky směrem zpět, v tomto případě vlevo. Při těchto okolnostech jsou obě rychlosti kupředu i zpět stejné, liší se pouze směrem.[2]



Obr. 4.1.2.1 Funkční působení vibrační desky o dvou budičích vibrace: a – pohyb vpřed (vpravo), b – pohyb vzad (vlevo) [2]

Pro vlastnosti některých zemin je mnohdy vyžadováno zhutňování při snížené rychlosti posuvu za větší amplitudy či při úplném zastavení, tzv. hloubkovém (bodovém) zhutňování. Nedosahuje se toho však snižováním otáček motoru stroje, neboť by se snížením otáček zapříčinilo i snížení výkonu stroje a tudíž i zhutňovacího dopadu. Tohoto snižování rychlosti posuvu se docílí principem libovolného natočení volného výstředníku vůči druhému, pevnému, v rozmezí 180° . Dochází tak ke změně složek odstředivé síly a rychlosti posuvu desky. Dojde-li kupříkladu k přesunutí volného výstředníku z polohy souhlasné s výstředníkem pevným o úhel 30° , dostaneme malou složku rychlosti posuvu při určité amplitudě. V případě, že je požadavek hloubkového zhutňování, tedy zhutňování při rychlosti $v=0$, musí se řídicí páčka ponechat v nulové poloze. Volný výstředník pak bude ve stejné poloze jako výstředník pevný, úhel mezi nimi bude $\alpha=0^\circ$. Docílí se tím nejvyššího zhutňovacího dopadu, stroj pracuje při největší amplitudě. Příklady pohybových manévru u moderních vibračních desek s nastavitelnými výstředníky jsou uvedeny na obr. 4.1.2.2. [2]



Obr. 4.1.2.2 Schematické znázornění příkladů pohybových manévřů u strojů s nastavitelnými výstředníky. [2]

4.2 VIBRAČNÍ DESKY JEDNOSMĚRNÉ

Z hlediska konstrukčního řešení se od vibračních desek obousměrných liší v počtu budičů vibrace. A to tak, že u jednosměrných vibračních válců je budič pouze jeden. Jsou tedy schopny pouze pohybu jedním směrem a to dopředu. Na trhu se objevují i zvláštní varianty jednosměrných vibračních desek se speciální kontaktní plochou. Kupříkladu desky vybavené válečky pro hutnění velkoformátové dlažby s eliminací rizika popraskání rohů či hran dlažby. Takovým deskám se říká válečkové vibrační desky (obr. 4.2.1). Na trhu se rovněž objevují jednosměrné vibrační desky s kruhovou aktivní deskou. Tyto desky jsou konstrukčně navrženy pro hutnění ve stísněných prostorech. Řídící oj mají přímo nad deskou.



Obr. 4.2.1 Válečková vibrační deska firmy Weber MT, VPR 700 [34]

5 STROJE ZHUTŇUJÍCÍ ÚDEREM

5.1 VIBRAČNÍ PĚCHY

Vibrační pěchy (obr. 5.1.1) v rámci zhutňovacího procesu působí na zeminu vibrací, přechováním nebo dusáním. Spojení účinku vibračního a přechovacího se nazývá účinek vibropřechovací. To, jakým účinkem je na půdu působeno, se odvíjí od frekvence práce stroje. Dále je účinek závislý na hmotnosti samotného pěchu a na výšce odskoku jeho aktivní patky od země (amplitudě). V rámci procesu zhutňování vibračním pěchem dochází k rozkmitání zeminy působením aktivní patky na frekvenci $f = 6,5\text{--}12\text{ Hz}$ při odskokové výšce (amplitudě) 20–90 mm. Těmito rázy patky na půdu dochází k vyvolání povrchového napětí, jež způsobuje přesun a přerovnání zrn půdy. Tyto údery o nižší frekvenci a vyšší amplitudě působí do hloubky a mají značný zhutňující efekt při použití u všech druhů zemin. Úderná síla, kterou pěch na zeminu působí, je poměrně vysoká, požadované zhutnění se dosahuje již po dvou až třech přechodech v závislosti na zrnitosti zeminy. Pro jejich malou hmotnost, rozměry a univerzální využití se jejich sféra použití vztahuje primárně na místa, která jsou jiným hutnicím zařízením nepřístupná. Mezi taková místa patří velmi úzké, těžko přístupné prostory, jako jsou kupříkladu kanalizační a plynovodní sítě, kabelové příkopy, základové rýhy, okolí ochranných zdí a opěrná mostní ložiska. Dále lze těchto strojů využít při opravách a údržbě kanalizací, komunikací, silnic a obrubníků. Při hutnění vibračními pěchy je důležité brát v potaz, že ideálního zhutnění je možné dosáhnout pouze v případě optimální vlhkosti hutněné zeminy. V případě, že při přechování půdy od pěchu prýští voda všemi směry, není možné u zeminy takových vlastností docílit kvalitního zhutnění. Využití vibračních pěchů lze rozšířit i nad rámec hutnění. V případě, že se vybaví zvláštním příslušenstvím, lze je využít i k zatluštění menších pilotů, kůlů, traverz, dále s nimi lze prorážet násypy či případně rozrušovat povrchy vozovek apod. [2]



Obr. 5.1.1 Vibrační pěch BS60-2, firmy Wacker Neuson [35]

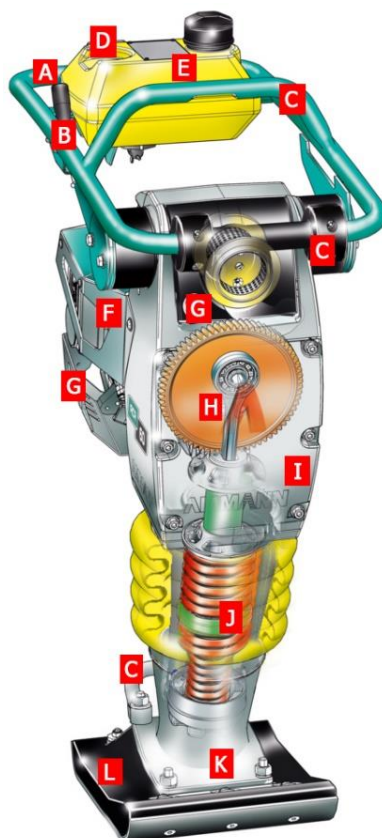
Z hlediska postupování při hutnění vibračními pěchy je nutné se soustředit na celkovou systematicklost a důslednost operátora pěchu. V případě zhutňování větších ploch vibračním pěchem je nutné postupovat systematicky v podélném směru a překrývat již zhutněnou plochu s překrytím přibližně 5 cm. V případě zhutňování dna šachet se začíná ve středu a ke krajím se postupuje spirálovitým charakterem s překrytím již zhutněné plochy přibližně 5 cm. Při zhutňování příkopů je nutné začínat od krajů a poté postupovat podélně, aby se předešlo vztyčování materiálu na krajích v případě hutnění od středu. Stejně tak v případě hutnění násypů je nutné postupovat od kraje násypu. V případě, že by hutnicí proces začínal od středu, kraje násypu by se po nezpevněných svazích sesuly. Při zhutňování příkrých svahů je nutné postupovat zespodu nahoru. Při vyplňování prostorů opěrných zdí či základů mostních konstrukcí je stěžejní při hutnění postupovat zespodu nahoru po jednotlivých vrstvách, přičemž každou z nich je nutné dostatečně zhutnit. Zamezí se tak dodatečnému sedání zeminy. [2]

5.1.1 HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI

Popis je proveden dle: [2], [36]

Vibrační pěchy (Obr. 5.1.1.1) mají následující části:

(A) Ovládací rukojeť stroje – ovládací prvek stroje. Pohybu vibračních pěchů se docílí nakloněním celého zařízení v požadovaném směru. Při pěchování dojde k vytvoření vodorovné pohybové složky, která zapříčiní samovolný pohyb stroje.

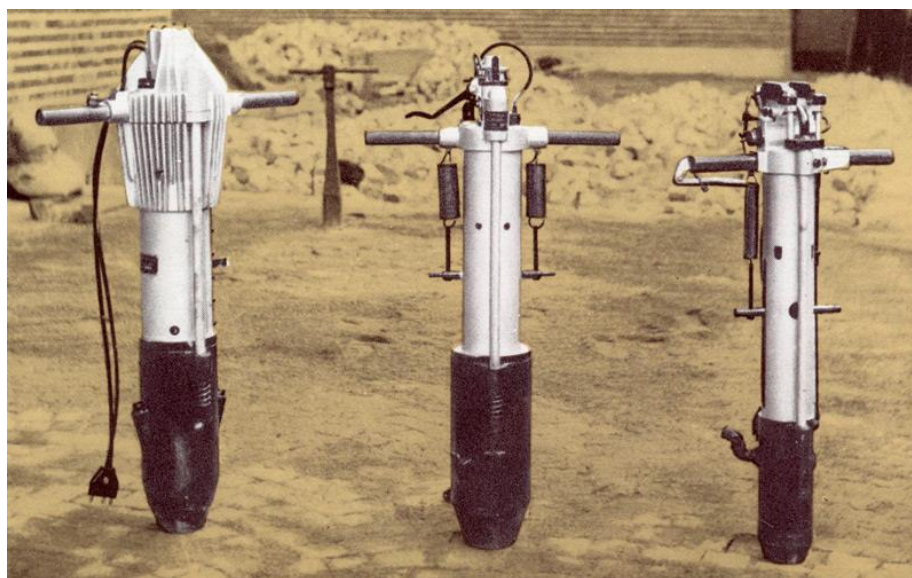


Obr. 5.1.1.1 Vibrační pěch ATR60C, firmy AMMANN: A – rukojeť, B – ovládací páčka, C – přepravní prvky, D – palivová nádrž, E – časoměr a otáčkoměr, F – motor, G – krycí plášť motoru, H – klikový mechanismus, I – tělo stroje, J – soustava pružin, K – pěchovací nástavec, L – patka [36]

V rámci bezpečnosti pracovníka se strojem je stěžejní, aby tato část stroje byla patřičně odpružena. Opakované vibrace přenášené do organismu strojníka by totiž způsobily vážné zdravotní problémy. (B) Páčka k ovládní pčhu. (C) Přepravní prvky stroje. (D) Palivová nádrž stroje s integrovaným filtrem. (E) Časometr a otáčkoměr indikující rychlost motoru. (F) Motor stroje – může být benzínový, obvykle dvoutaktní, či elektromotor. Přes odstředivou spojku pohání (H) klikový mechanismus. (G) Krycí plášť motoru. (I) Tělo stroje, tvoří jej kryt na klikovou hřídel se soustavou ozubených kol. (J) Soustava dvojtých pružin pčhu, na kterou působí ojnice klikového mechanismu. Z venku sloupkový tlumič horního dílu. (K) Pčhovací nástavec stroje, některé modely nabízí více délkových variant. (L) Aktivní část stroje – patka (botka). K pohybu je rozkmitána soustavou dvojitých pružin, přičemž půdě v přijatelně dlouhé době styku předává kinetickou energii a vytváří v ní napětí.

5.2 VÝBUŠNÁ DUSADLA

Činnost výbušného dusadla (obr. 5.2.1) spočívá ve vynesení celého stroje odrazovou silou do krajní výšky přibližně 500 mm, přičemž dusadlo poté padá volným pádem zpět na zhutňovaný povrch. Zde na něj při dopadu působí dynamickou silou a otřesem přeskupuje jednotlivá zrna v zemině. Odrazová síla vzniká v kompresním prostoru válce výbušného dusadla vlivem expanze spálených plynů. Účinek dusadla je přibližně trojnásobný oproti jeho tíze a v průběhu jedné minuty je proces rázu zopakován 50-80krát. Působící tlak se do zeminy rozprostírá kuželovitě. Ve srovnání s ostatními, moderními ručně vedenými hutnicími zařízeními, jsou výbušná dusadla méně efektivní. Špatnému hodnocení se jim dostává i z hlediska operátorovy bezpečnosti a proto se dnes již nevyrábí a v praxi ani nevyužívají. [2]



Obr. 5.2.1 První výbušné dusadlo na světě z roku 1926 firmy Delmag [37]

6 PŘEDNÍ VÝROBCI RUČNĚ VEDENÉ HUTNICÍ TECHNIKY

Pro každodenní potřebu zhutňování ve stavebnictví je na českém a evropském trhu mnoho výrobců a distributorů, kteří se odvětvím ručně vedené hutnicí vibrační techniky zabývají. V minulosti byla na českém trhu dominantní firma Stavostroj, která přestože se věnovala převážně vývoji a výrobě těžké hutnicí techniky, vyráběla i techniku ručně vedenou. Stavostroj byl nicméně v roce 2005 odkoupen švýcarským holdingem Ammann Group. V současnosti představuje nejdůležitějšího českého výrobce ručně vedené hutnicí techniky firma NTC. Na českém trhu se rovněž pohybuje velké množství distributorů zahraničních výrobců hutnicí techniky, jako jsou kupříkladu firmy Bomag, JCB, Ammann, či Weber MT.

6.1 NTC

Firma NTC se sídlem v České Skalici na východě Čech byla založena roku 1991 a krom vývoje a výroby ručně vedené hutnicí vibrační techniky se věnuje i servisu a obchodu se stavební technikou. Její výrobky si získaly dobrou pozici na českém trhu a jsou úspěšně exportovány téměř do celého světa. Ke svým výrobkům nabízí záruční i pozáruční servis prostřednictvím vlastního závodu a sítě autorizovaných servisních středisek. V rámci svého sortimentu ručně vedené hutnicí techniky nabízí jednosměrné vibrační desky VD i reverzní vibrační desky VDR, vedené vibrační válce dvou velikostních provedení s názvem VVV a vibrační pěchy NT. Zajímavostí z jejich nabídky je válec VVV 600/12HE s eliptickými běhouny pro hutnění odvodňovacích žlábků. Vysokou kvalitu služeb a výrobků garantuje certifikace kvality ISO 9001. [38], [65]

6.2 LUMAG

Německá společnost Lumag GmbH, založena roku 2005, nabízí až na příkopové válce produkty ručně vedené vibrační techniky z každé kategorie, z velké většiny vybavené výkonnými motory Loncin. V České republice její distribuci zastává dceřinná společnost LUMAG CZ s.r.o. sídlící v Českých Budějovicích. Krom jiných odvětví stavební techniky se tato dceřinná společnost specializuje i na výrobu a prodej hutnicí techniky. V rámci péče o zákazníka poskytuje profesionální záruční i pozáruční servis včetně sortimentu náhradních dílů i pro stroje, které jsou již mimo prodej. [39], [40]

6.3 BOMAG

Společnost Bomag, sídlící v Německu, zde byla založena roku 1957. Dnes již s 60letou zkušeností vyrábí v 5 zemích, a to krom Německa v Itálii, Brazílii, Číně a USA. Do svého sortimentu ručně vedené vibrační techniky zahrnuje jak vibrační válce jednoosé a dvouosé BW, tak válce příkopové BMP, dále nabízí vibrační desky jednosměrné BP i reverzní BPR, pro konkrétní model BPH 80/65S nabízí také dálkové ovládání, a nakonec i škálu vibračních pěchů BT. Bomag se rovněž pyšní svým přístupem k vývoji a inovacím, vyvinula celou řadu technologií. Kupříkladu ECONOMIZER, což je systém pro měření a zlepšení hutnění, nebo ECOMODE – technologii ke snížení provozních nákladů. Dále pro své vibrační desky nabízejí jedinečnou technologii STONEGUARD, která umožňuje hutnění dlažby bez poškození. [41], [42]

6.4 JCB

JCB, světově největší rodinná firma se stavební technikou, se zrodila roku 1945 v UK. Ke své produkci přistupuje s inovací a snahou o snížení dopadu na životní prostředí.

Do produkce v odvětví ručně vedené vibrační techniky se dostala po odkoupení německé firmy Vibromax roku 2005, kterou, tehdy známou jako JCB Vibromax, v roce 2014 rozpustila a produkci lehké hutnicí techniky převedla do svých ostatních továren. Mezi její výrobky ručně vedené hutnicí techniky patří malá řada vibračních pěchů VMR, lehčích reverzních vibračních desek VMP a dále užší výběr jednoosých a dvouosých vibračních válců, příkopový válec a jednosměrná vibrační deska. [27], [43], [44], [72], [84]

6.5 MIKASA

Za 82 let od svého založení si inovativní a progresivní japonská firma Mikasa získala vysoké postavení na asijském trhu se stavební technikou. Specializuje se zejména na produkci lehké hutnicí techniky. V současné době se svými výrobky bojuje o pozici i na evropském a severo americkém trhu. Nabízí vibračních pěchy MT včetně pěchu specializovaného pro hluboké a velmi stísněné prostory, 2 řady jednosměrných vibračních desek F a T a široký výběr reverzních vibračních desek MVH a dvouosých válců DS. [45], [71]

6.6 HUSQVARNA

Od svého založení roku 1689 se tato švédská firma podílela na velmi rozsáhlé produkci výrobků v mnoha oblastech, jako jsou lovecké potřeby, lehké dopravní prostředky, zahradní a dřevozpracující technika a především stavební technika. Stavební technikou se zabývá část koncernu Husqvarna Group, Husqvarna Construction Products. K produkci a obchodu s lehkou stavební hutnicí technikou se dostala roku 2017, kdy se společnost Atlas Copco rozhodla zbavit své části podnikání specializované na zpracování betonu a hutnění ve prospěch stavební divize skupiny Husqvarna Group. Svým zákazníkům nyní Husqvarna nabízí řadu LP dvouosých a příkopových vibračních válců, řadu vibračních pěchů LT, řadu jednosměrných vibračních desek LF a nakonec i LG – řadu reverzních vibračních desek. [46], [47], [66]

6.7 AMMANN

Za 150 let svého působení dokázala rodinná švýcarská společnost Ammann přinést svým výrobkům v oblasti hutnění celou řadu inovací. Kromě Švýcarska vyrábí v dalších 6 zemích světa, a to v Německu, Itálii, Indii, Brazílii, Číně a v České republice. Roku 1995 odkoupila německou společnost Rammax, specializující se na příkopové vibrační válce. O 10 let později vzala za svou českou společnost Stavostroj v Novém Městě nad Metují, kde se dnes krom těžké hutnicí techniky zn. Ammann vyrábí i příkopové vibrační válce. Z hlediska lehké hutnicí techniky nabízí široký výběr hutnicích pěchů, řadu jednosměrných vibračních desek APF, dvě řady reverzních vibračních desek všech velikostí, APR a APH, dále výkonný dvouosý vibrační válec ARW 65 a dvě varianty příkopových válců ARR.

Mezi přednosti této firmy patří nastavitelný nevyvážek umožňující regulaci amplitudy a frekvence a tudíž rozšířenou aplikaci jejich techniky. Pro své těžší desky Ammann vyvinul systém tří budičů vibrace, který pomáhá udržovat konzistentní pohyb desky, přispívá schopnosti desky překonávat převýšení, její manévrovatelnosti a celkově zlepšuje hutnicí účinek stroje i na soudržných zeminách. Dále některou svou lehkou hutnicí techniku obohacuje o systém měření zhutnění ACE (Ammann Compaction Expert). Kromě měření zhutnění zeminy tento systém rovněž zaznamenává data vyhodnocuje a dokumentuje. Zákazník má tedy přehled o zhutnění zeminy a předchází tak zbytečným přejezdům. [48], [49], [50], [51], [75], [81], [82], [91], [106], [117]

6.8 WEBER MT

Další z řady německých společností na trhu s ručně vedenými hutnicími stroji je firma Weber MT. Roku 1952 začínala jako obchodní společnost, přičemž první vlastní vibrační desku vyrobila roku 1958. Dnes disponuje dceřinnými společnostmi v USA, Francii, Polsku, Brazílii a České republice v Kralupech nad Vltavou. Specializuje se na vývoj a výrobu lehké hutnicí techniky, z té ručně vedené vibrační u ní lze nalézt řadu jednosměrných desek CF, dále nabízí i válečkové vibrační desky VPR, vhodné ke zhutňování velkoformátové dlažby. Vibrační pěchy nabízí v rámci série SRV celkem v 6 variantách. Do jejich nabídky dále patří reverzní vibrační desky z řady CR a duplexní válce DVH či příkopové válce TRC.

Zákazník si k těžším vibračním deskám z řady CR může pořídit i modul pro plošnou kontrolu míry zhutnění COMPATROL® 2.0, poskytující údaje o zhutnění a stavu stroje v reálném čase. [52], [53], [69], [70], [85], [89], [90], [115], [116]

6.9 WACKER NEUSON

Další společností s německými kořeny, datujícími až do roku 1848, je Wacker Neuson. Roku 1930 si společnost zapsala svůj první patent, konkrétně na elektrický hutnicí pěch. Dnes již společnost vlastní přes 280 patentů a jejich výrobky jsou rozšířené po celém světě. Z hlediska lehké hutnicí techniky může nabídnout dvouosý vibrační válec RD7 či dálkově ovládaný válec příkopový RTX SC3. Dále portfolium výrobků společnosti disponuje rozsáhlým výběrem vibračních pěchů, ať už elektricky poháněnou řadou AS, či 2/4 taktní řadou BS. Co se týče jednosměrných desek, je na výběr z elektrickým motorem poháněné série AP, či z tradičně spalovacími motory hnanými sériemi VP, WP nebo z jedné z variant desky DPS. Opravdu široký výběr firma nabízí v reverzních deskách. Řešení Wacker Neuson se pohybuje od nejmenší 90kilové desky WPU1550A přes série BPU, DPU až po nejtěžší desku DPU130r, vážící 1185 kg.

Pro své největší reverzní desky společnost nabízí dálkové, infračervené ovládání. Velká většina reverzních vibračních desek Wacker Neuson má velmi nízký dopad vibrací na soustavu ruka-paže pracovníka, a to $2,5 \text{ m/s}^2$, zatímco limitní expozice pro 8 hodinovou směnu je 5 m/s^2 , což šetří zdraví operátora a dovoluje práci v delších časových intervalech. Mezi další přednosti společnosti patří již zmiňovaná, elektrickým motorem poháněná, bezdrátová, technika, a to konkrétně pěch a jednosměrná vibrační deska. Jde o první modely na trhu s tímto alternativním pohonem. Pro vybrané modely reverzních vibračních desek společnost nabízí řešení měření zhutnění zeminy Compatec. [54], [55], [56], [76], [83], [92], [93], [94], [95], [96], [107], [118], [119]

6.10 DALŠÍ VÝROBCI RUČNĚ VEDENÉ HUTNICÍ VIBRAČNÍ TECHNIKY

Na evropském trhu lze zakoupit mnoho již nevyráběné techniky, či případně techniky vyráběné pod jinou značkou. Příkladem je Atlas Copco a rovněž obsáhlé množství strojů Chicago Pneumatic, jenž byl součástí skupiny Atlas Copco Group a tudíž nyní rovněž náleží Husqvarně. Existuje mnoho dalších větších a menších firem, které na evropském a českém trhu nabízejí své výrobky. V České republice lze krom NTC vytyčit firmu Hecht, která své výrobky dodává do většiny států Evropské Unie ale i mimo ni, přičemž se převážně specializuje na zahradní techniku. Z ručně vedené hutnicí techniky nabízí svým zákazníkům krom jednoho vibračního pěchu a reverzní vibrační desky také tři jednosměrné vibrační desky. Dále je v České republice malá firma Progressa, která nabízí dvě jednosměrné vibrační desky. Desku vibrační, klasickou, jednosměrnou, DVJ 45 a desku vibrační kruhovou, DVK 120. Výrobce bohužel nezveřejňuje hutnicí sílu svých výrobků. ENAR, další z větších společností figurujících v Evropě byla založena roku 1964 ve Španělsku. Z lehké hutnicí techniky nabízí vibrační válce

REN, pěchy PH, jednosměrné vibrační desky ZEN a reverzní vibrační desky TEN. Švédská společnost Dynapac nabízí velké množství lehké hutnicí techniky, a to: dvouosý vibrační válec DTR75, příkopový vibrační válec D.ONE, řadu pěchů DR, řadu jednosměrných vibračních desek DFP a nakonec řadu reverzních vibračních desek DRP. I přes jejich rozsáhlý sortiment není společnost na českém trhu nijak široce zastoupena. Spadá nicméně do stejného vlastnictví, jako firma Bomag, a spousta jejich výrobků je téměř totožná. Tekpac (dříve Masalta) je čínský výrobce ručně vedené hutnicí techniky distribuující v Evropě, včetně České republiky. Z Izraele a Indie do Evropy svou lehkou hutnicí techniku vyváží společnost Euro Shatal. Z Rakouska putují na evropský trh výrobky relativně nové firmy Zipper. K řadě velkých výrobců lehké hutnicí techniky z Německa lze přidat i řadu z hlediska výroby ručně vedené hutnicí vibrační techniky menších společností, jako jsou například Scheppach, Güde, Denqbar nebo Bauman. [57], [58], [59], [60], [61], [73], [74], [77], [102], [111], [121]

7 ROZBOR HLAVNÍCH A POMĚRNÝCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Aby zákazník mohl vybrat tu správnou techniku, musí nejprve zvážit podmínky, za jakých bude své hutnicí práce provádět. Hutnicí stroj správné kategorie o nejvýhodnějších parametrech si vybere na základě znalosti druhu zhutňované zeminy a charakteru stavby. V případě, že má zákazník zájem si samotný stroj místo pronájmu zakoupit, zváží rovněž ekonomické faktory, jako jsou: pořizovací a provozní náklady, případně dostupnost záručního a pozáručního servisu. Zpracována byla pouze ta data, která byla zveřejněna výrobcí porovnávané techniky.

ZAVEDENÍ SOUČINITELŮ PRO URČENÍ POMĚRNÝCH PARAMETRŮ

- Součinitel vyjadřující, kolik kN hutnicí síly vyvíjí 1 kW výkonu motoru stroje.

$$\alpha = \frac{\text{hutnicí síla}}{\text{výkon motoru}} [kN \cdot kW^{-1}] \quad (1)$$

- Součinitel vyjadřující, kolikrát je dynamický účinek stroje větší, než účinek statický.

$$\beta = \frac{\text{hutnicí síla}}{\text{tíha stroje}} [-] \quad (2)$$

7.1 TECHNICKÉ PARAMETRY VEDENÝCH JEDNOOSÝCH VIBRAČNÍCH VÁLCŮ

Pro malý počet produktů v této kategorii na evropském trhu nebyly vedené jednoosé vibrační válce rozděleny do jednotlivých hmotnostních kategorií a jejich celkový přehled je uveden v příloze 2, zatímco přehled hlavních a poměrných parametrů je uveden v tab. 7.1.1.

Tab. 7.1.1 Hlavní a poměrné parametry jednoosých vibračních válců [27], [62], [63]

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
[-]	[-]	[kg]	(N)	(N)	[mm]	[Hz]	[kW]	(kN·kW ⁻¹)	(-)
Bomag	BW 55E	150	1471	10000	560	77	2,5	4	6,80
	BW 71E-2	488	4786	16000	710	75	3,4	4,71	3,34
Lumag	VW-300 PRO	266	2609	13500	600	72	4,1	3,29	5,17
JCB	SD580	185	1814	10000	580	76	2,9	3,45	5,51

Vysokou hutnicí sílu ku výkonu motoru a také ku vlastní tíze v této kategorii nabízí nejlehčí z válců BW 55E firmy Bomag. Dobrých výsledků dosahuje rovněž její druhý jednoosý vibrační válec BW 71E-2, jenž si při podstatně vyšší hmotnosti zachovává obdobnou frekvenci.

7.2 TECHNICKÉ PARAMETRY VEDENÝCH DVOUOSÝCH VIBRAČNÍCH VÁLCŮ

Na základě jejich provozní hmotnosti (dle přílohy 3) byly vedené dvouosé vibrační válce rozděleny do 3 tříd. Ty jsou uvedeny v tab. 7.2.1. Jejich celkový přehled včetně veškerých parametrů je uveden v příloze 3.

Tab. 7.2.1 Přehled tříd a jejich parametrů pro dvouosé vibrační válce

Třídy	1	2	3
Provozní hmotnost (kg)	300-700	700-850	850-1100
Tíha stroje (N)	2900-7000	6900-8500	8400-11000
Hutnicí síla na jeden běhoun (N)	10000-12000	21000-23500	16800-40000
Pracovní šířka (mm)	600-650	600-700	650-750
Frekvence (Hz)	55-70	55-63	55-60
Výkon motoru (kW)	4-10	5-9,5	7-10

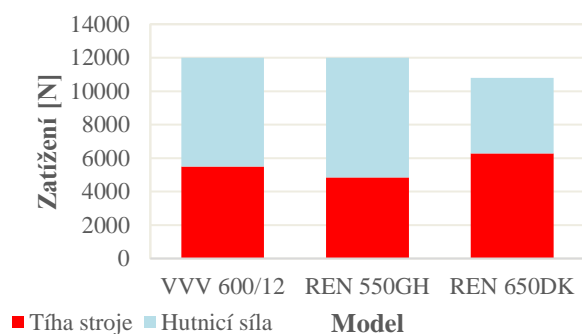
DVOUOSÉ VIBRAČNÍ VÁLCE PRVNÍ TŘÍDY

Z celé třídy byly vybrány tři dvouosé vibrační válce, které měly vysoké oba poměrné parametry α i β . Tyto produkty jsou označené červeně v tab. 7.2.2, kde je celkový přehled hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců první kategorie.

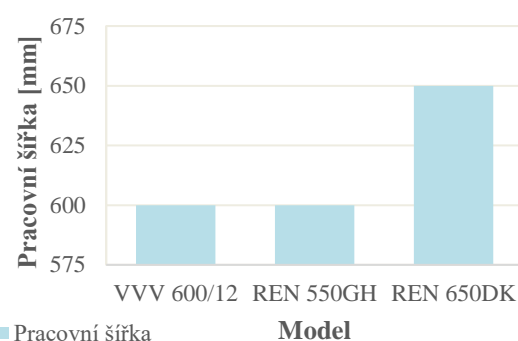
Tab. 7.2.2 Přehled hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců první třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	(kN·kW ⁻¹)	(-)
NTC	VVV 600/12	560	5492	12000	600	60	4,1	2,93	2,18
Lumag	WA 580 GX	580	5688	12000	600	70	9,6	1,25	2,11
Weber MT	DVH 600	420	4119	10000	650	60	5,5	1,82	2,43
Mikasa	601DS	551	5403	10800	650	55	4,6	2,35	2
Enar	REN 550 GH	495	4854	12000	600	60	4,8	2,5	2,47
	REN 650 DK	640	6276	10800	650	55	4	2,7	1,72

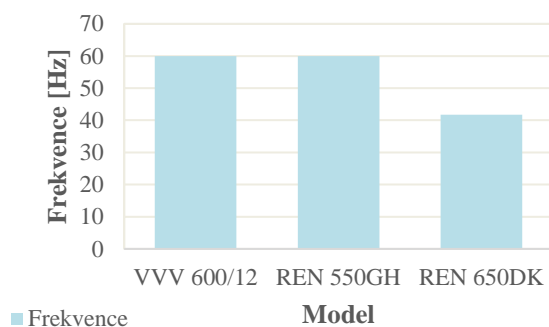
V této třídě jsou nejlépe hodnoceny dvouosé vibrační válce REN 550GH firmy ENAR a VVV 600/12 firmy NTC. Přičemž válec REN 550GH je nepatrně lehčí než VVV 600/12, který totožné hutnicí síly dosahuje při menším výkonu. Rozdíly v zatížení všech vybraných strojů jsou uvedeny v grafu na obr. 7.2.1. V grafu na obr. 7.2.2 je vyobrazen rozdíl pracovních šířek, rozdíly ve frekvencích zobrazuje graf na obr. 7.2.3 a nakonec rozdíly napříč výkony motorů u jednotlivých strojů jsou vykresleny v grafu na obr. 7.2.4.



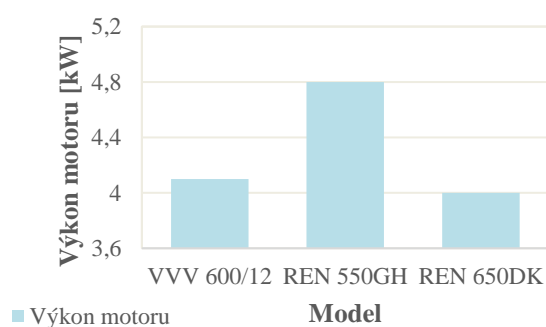
Obr. 7.2.1 Graf zatížení vybraných dvouosých vibračních válců první třídy



Obr. 7.2.2 Graf pracovních šířek vybraných dvouosých vibračních válců první třídy



Obr. 7.2.3 Graf frekvencí vybraných dvouosých vibračních válců první třídy



Obr. 7.2.4 Graf výkonů motorů vybraných dvouosých vibračních válců první třídy

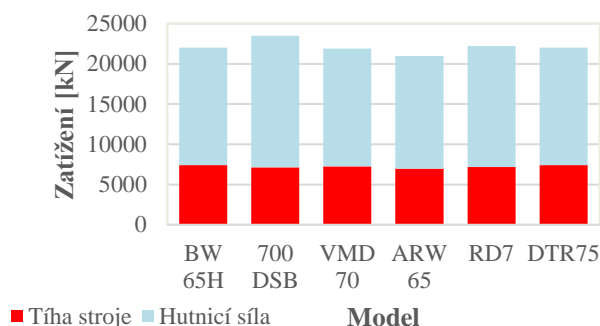
DVOUSÉ VIBRAČNÍ VÁLCE DRUHÉ TŘÍDY

Z druhé třídy dvouosých vibračních válců bylo na základě poměrných parametrů α a β vybráno šest produktů. V tab. 7.2.3, přehledu hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců jsou zvýrazněny červeně.

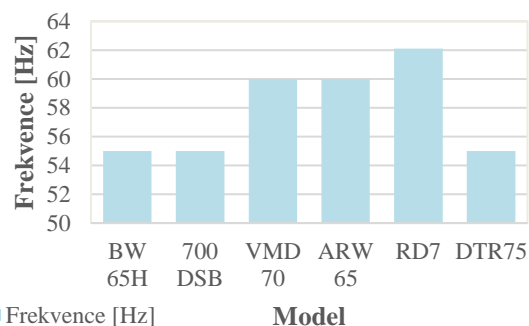
Tab. 7.2.3 Přehled hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců druhé třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	(kN·kW ⁻¹)	(-)
Husqvarna	LP 6505	745	7306	22000	650	58	7,2	3,06	3,01
Bomag	BW 65H	757	7424	22000	650	55	6,2	3,55	2,96
Chicago pneumatic	MR 7005	765	7502	21800	650	58	7,2	3,03	2,91
Weber MT	DVH 655E	732	7178	21000	650	62	7,3	2,88	2,93
Mikasa	700 DSB	728	7139	23500	650	55	5,5	4,27	3,29
JCB	VMD 70	740	7257	21900	650	60	6,6	3,32	3,02
Ammann	ARW 65	712	6982	21000	650	60	6,1	3,44	3,01
Wacker Neuson	RD7	731,4	7173	22200	650	62,1	6,1	3,64	3,09
Dynapac	DTR75	757	7424	22000	650	55	6,2	3,55	2,96

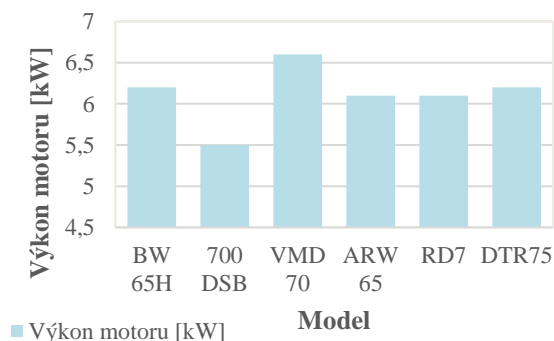
Nejlepší hodnocení z této třídy má dvouosý vibrační válec firmy Mikasa 700 DSB. Druhý v pořadí je vibrační válec firmy Wacker Neuson RD7, který s o trochu menší hutnicí silou a vyšším výkonem motoru disponuje nejvyšší frekvencí. Válce DTR75 firmy Dynapac a BW 65H firmy Bomag mají totožné parametry. Všechny dvouosé vibrační válce této třídy mají stejnou pracovní šířku a to 650 mm. Vyobrazení rozdílu v zatížení jednotlivých vybraných strojů je zobrazeno v grafu na obr. 7.2.5. Rozdíly ve frekvencích jsou vykresleny v grafu na obr. 7.2.6 a přehled výkonů motorů těchto strojů je vyobrazen v grafu na obr. 7.2.7.



Obr. 7.2.5 Graf zatížení vybraných dvouosých vibračních válců druhé třídy



Obr. 7.2.6 Graf frekvencí vybraných dvouosých vibračních válců druhé třídy



Obr. 7.2.7 Graf výkonů motorů vybraných dvouosých vibračních válců druhé třídy

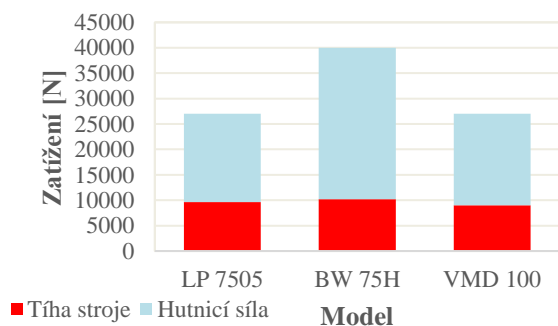
DVOUOSÉ VIBRAČNÍ VÁLCE TŘETÍ TŘÍDY

Do třetí třídy dvouosých vibračních válců patří ty nejtěžší komerčně dostupné produkty. Z této třídy byly vybrány tři produkty s nejlepšími hodnotami poměrných parametrů α a β . Ty jsou červeně zvýrazněny v tab. 7.2.4, kde se nachází přehled všech hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců třetí třídy.

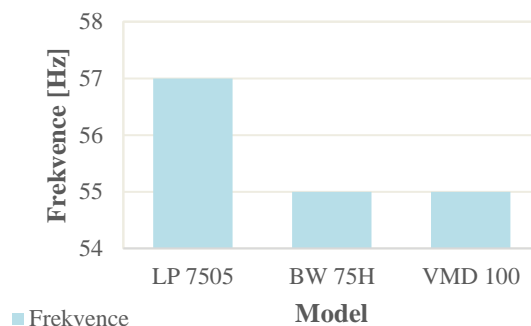
Tab. 7.2.4 Přehled hlavních a poměrných parametrů dvouosých vibračních válců třetí třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	($\text{kN} \cdot \text{kW}^{-1}$)	(-)
NTC	VVV 700/22	875	8581	22000	700	55	6,3	3,49	2,56
Husqvarna	LP 7505	981	9620	27000	750	57	7,9	3,42	2,81
Bomag	BW 75H	1040	10199	40000	750	55	6,2	6,45	3,92
Mikasa	900 DSY	870	8532	16800	650	55	5,5	3,05	1,97
JCB	VMD 100	920	9022	27000	750	60	6,6	4,09	2,99

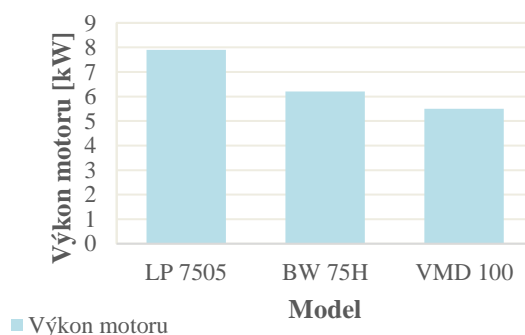
Nejlépeších výsledků z hlediska poměrných parametrů v této třídě dosahuje nejtěžší model dvouosého vibračního válce firmy Bomag, BW 75H. Oproti ostatním vybraným strojům nabízí nejvyšší hutnicí sílu při nejnižším výkonu motoru a pouze nepatrně menší frekvenci. Všechny vybrané dvouosé vibrační válce mají stejnou pracovní šířku, a to 750 mm. Rozdíly v zatížení jsou vyobrazeny v grafu na obr. 7.2.8, frekvence vybraných zařízení jsou vykresleny v grafu na obr. 7.2.9 a výkony motorů strojů vybraných z této třídy jsou znázorněny v grafu na obr. 7.2.10.



Obr. 7.2.8 Graf zatížení vybraných dvouosých vibračních válců třetí třídy



Obr. 7.2.9 Graf frekvencí vybraných dvouosých vibračních válců třetí třídy



Obr. 7.2.10 Graf výkonů motorů vybraných dvouosých vibračních válců třetí třídy

7.3 TECHNICKÉ PARAMETRY PŘÍKOPOVÝCH VIBRAČNÍCH VÁLCŮ

Na základě jejich provozní hmotnosti (dle přílohy 4) byly příkopové válce rozděleny do dvou tříd. Ty jsou uvedeny v tab. 7.3.1. Celkový přehled všech parametrů příkopových válců je uveden v příloze 4.

Tab. 7.3.1 Přehled tříd a jejich parametrů pro příkopové vibrační válce

Třídy	1	2
Provozní hmotnost (kg)	1000-1500	1500-1700
Tíha stroje (N)	9900-15000	14900-17000
Hutnicí síla na jeden běhoun (N)	36000-86000	36000-84000
Pracovní šířka (mm)	560-860	610-850
Frekvence (Hz)	30-42	31-42
Výkon motoru (kW)	13-20	12-19

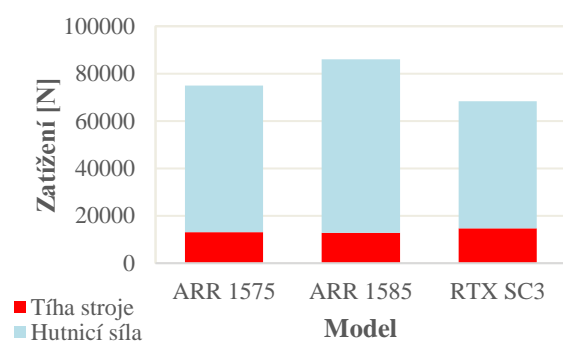
PŘÍKOPOVÉ VIBRAČNÍ VÁLCE PRVNÍ TŘÍDY

V první třídě vibračních válců příkopových byly vybrány 3 příkopové válce s vysokými oběma poměrnými koeficienty α a β . Tyto tři produkty jsou v tab. 7.3.2, přehledu hlavních a poměrných parametrů vibračních válců příkopových první třídy, vyznačeny červeně.

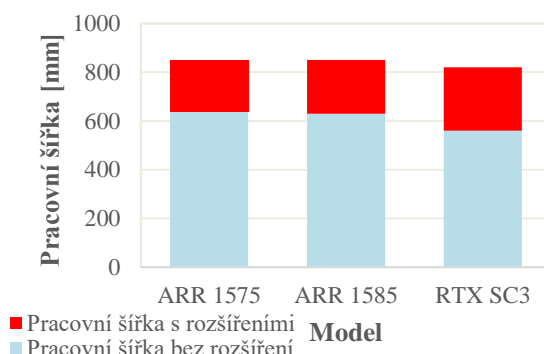
Tab. 7.3.2 Přehled hlavních a poměrných parametrů příkopových vibračních válců první třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	(kN·kW ⁻¹)	(-)
Ammann	ARR 1575	1340	13141	75000	640/850	40	14,6	5,14	5,71
	ARR 1585	1305	12798	86000	630/850	30	13,2	6,52	6,72
Wacker Neuson	RTX SC3	1495	14661	68400	560/820	41,7	14,8	4,62	4,67
Weber MT	TRC 66	1350	13239	75000	654	32	19,5	3,85	5,67
	TRC 86	1390	13631		854			3,85	5,5

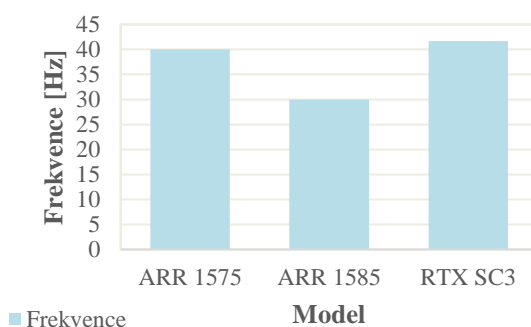
Nejlépe hodnoceným příkopovým vibračním válcem této třídy je ARR 1585 firmy Ammann, oproti druhému modelu firmy Ammann z řady ARR, příkopovému válci ARR 1575 má menší frekvenci a větší hutnicí sílu. Nutno podotknout, že vibrační válec příkopový ARR 1575 je kloubový model a její odstředivé síly vzadu a vpředu se liší, a to tak, že vpředu má hutnicí sílu 75 kN a vzadu 36 kN, jak je uvedeno v příloze 4. Srovnání zatížení vybraných příkopových válců je vyobrazeno v grafu na obr. 7.3.1, rozdíly v pracovních šířkách jsou vykresleny v grafu na obr. 7.3.2, frekvence vybraných produktů jsou znázorněny v grafu na obr. 7.3.3 a výkony motorů vybraných vibračních válců příkopových jsou srovnány v grafu na obr. 7.3.4.



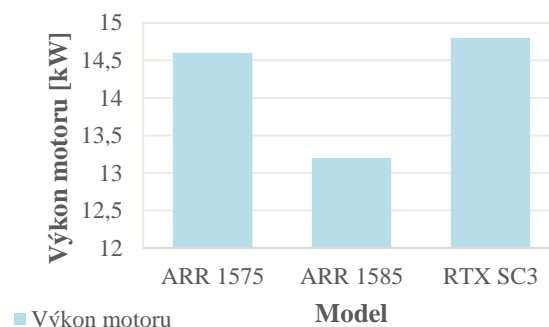
Obr. 7.3.1 Graf zatížení vybraných příkopových vibračních válců první třídy



Obr. 7.3.2 Graf pracovních šířek vybraných příkopových vibračních válců první třídy



Obr. 7.3.3 Graf frekvencí vybraných příkopových vibračních válců první třídy



Obr. 7.3.4 Graf výkonů motorů vybraných příkopových vibračních válců první třídy

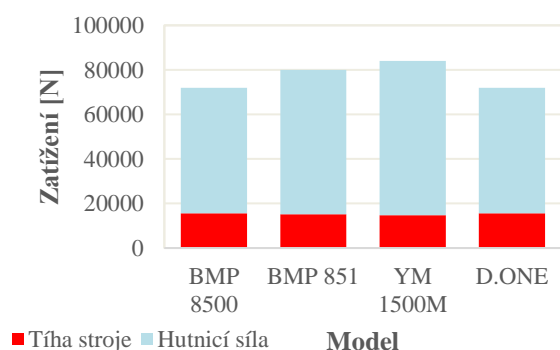
PŘÍKOPOVÉ VIBRAČNÍ VÁLCE DRUHÉ TŘÍDY

V druhé třídě příkopových vibračních válců byly vybrány čtyři stroje, které ve srovnání s ostatními stroji z této třídy mají velmi vysoké oba poměrné parametry α a β . Tyto stroje jsou vyznačeny v přehledu hlavních a poměrných parametrů příkopových vibračních válců druhé třídy, tab. 7.3.3.

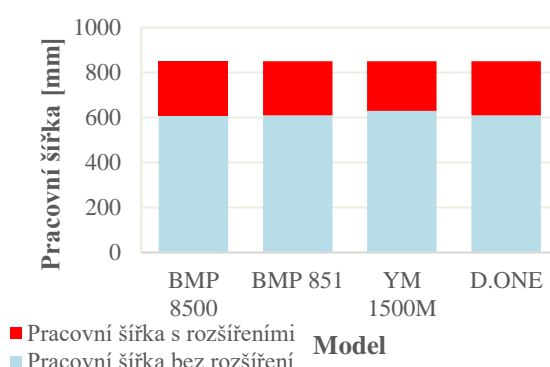
Tab. 7.3.3 Přehled hlavních a poměrných parametrů příkopových vibračních válců druhé třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	($\text{kN} \cdot \text{kW}^{-1}$)	(-)
Bomag	BMP 8500	1595	15642	72000	610/850	42	14,5	4,97	4,6
	BMP 851	1548	15181	80000		32	13,8	5,8	5,27
Husqvarna	LP 9505	1675	16426	72000	850	42	18,1	3,98	4,38
	LP 8504	1573	15426	65000	630/850	32	12,5	5,2	4,21
Chicago pneumatic	TR630	1573	15426	48000	630	32	12,5	3,84	3,11
	TR850	1675	16426		850			3,84	2,92
JCB	YM 1500M	1500	14710	84000	630/850	31	16,8	5	5,71
Dynapac	D.ONE	1595	15642	72000	610/850	42	14,5	4,97	4,6

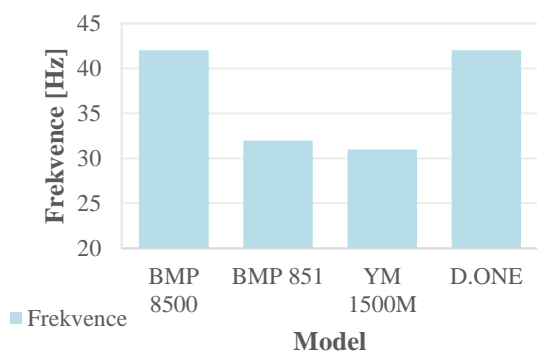
Vybrané vibrační válce příkopové z této třídy, které dosáhly nejvyššího hodnocení na základě poměrných parametrů, jsou: válec firmy Bomag, BMP 851 a válec firmy JCB, YM 1500M. Přičemž válec BMP 851 nabízí o něco lepší poměr hutnicí síly na výkon jeho motoru, zatímco válec YM 1500M dosahuje nepatrně větší hutnicí síly za vyššího výkonu motoru a při mírně menší celkové hmotnosti. Příkopový válec firmy Dynapac, model D.ONE má totožné parametry s válcem BMP 851. Nutno podotknout, že se žádný z příkopových válců této třídy svými parametry nevyrovná příkopovému válci firmy Ammann, ARR 1585 z první třídy, který s menší hmotností a srovnatelném výkonu nabízí vyšší hutnicí sílu při pouze nepatrně menší frekvenci. Srovnání zatížení příkopových vibračních válců druhé třídy je vyobrazeno v grafu na obr. 7.3.5. V grafu na obr. 7.3.6 jsou vykresleny nepatrné rozdíly v pracovních šířkách těchto strojů, rozdíly ve frekvencích jsou v grafu na obr. 7.3.7 a výkony motorů v grafu na obr. 7.3.8.



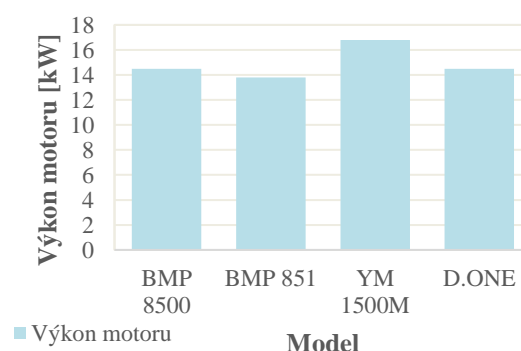
Obr. 7.3.5 Graf zatížení vybraných příkopových vibračních válců druhé třídy



Obr. 7.3.6 Graf pracovních šířek vybraných příkopových vibračních válců druhé třídy



Obr. 7.3.7 Graf frekvencí vybraných příkopových vibračních válců druhé třídy



Obr. 7.3.8 Graf výkonů motorů vybraných příkopových vibračních válců druhé třídy

7.4 TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOSMĚRNÝCH VIBRAČNÍCH DESEK

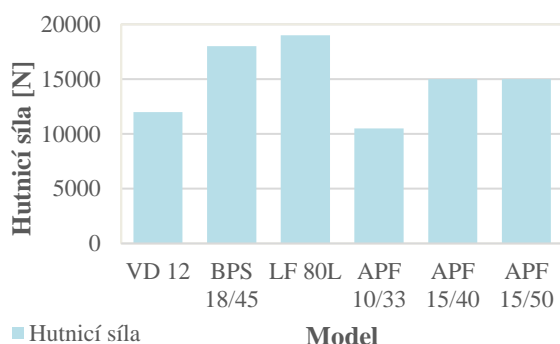
Na základě provozních hmotností (dle přílohy 5) byly jednosměrné vibrační desky rozděleny do tří tříd. Parametry těchto tříd jsou uvedeny v tab. 7.4.1. Celkový přehled všech parametrů jednosměrných vibračních desek je uveden v příloze 5.

Tab. 7.4.1 Přehled tříd a jejich parametrů pro jednosměrné vibrační desky

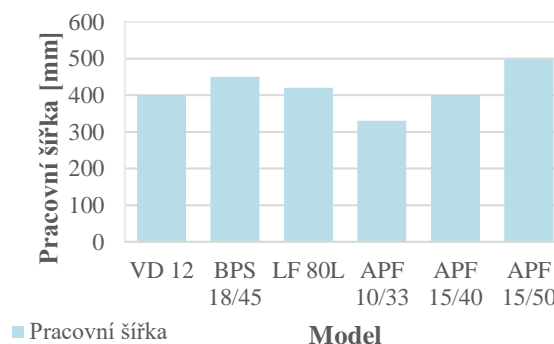
Třídy	1	2	3
Provozní hmotnost (kg)	50-85	85-110	110-150
Tíha stroje (N)	490-850	840-1100	1090-1500
Hutnicí síla (N)	8000-19000	13000-25000	13500-25000
Pracovní šířka (mm)	300-500	35-505	450-500
Frekvence (Hz)	60-100	70-117	70-100
Výkon motoru (kW)	1,8-4,8	2,6-4,8	2,5-4,8

JEDNOSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY PRVNÍ TŘÍDY

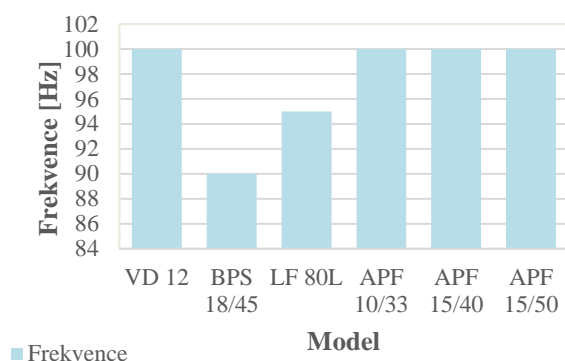
Z první třídy jednosměrných vibračních desek bylo vybráno šest desek, které dosáhly nejlepších výsledků v obou poměrných parametrech α a β . Ty jsou červeně zvýrazněny v přehledu hlavních a poměrných parametrů jednosměrných desek první třídy, jenž je uveden v příloze 8. V první třídě jednosměrných vibračních desek má nejlepší poměrné parametry deska firmy Husqvarna, LF80L, která oproti desce stejné hmotnosti, firmy Bomag, BPS 18/45 nabízí při lehce vyšším výkonu motoru vyšší hutnicí sílu a vyšší frekvenci. Nutno nicméně podotknout, že má mírně menší pracovní šířku. Dobré hodnocení má i deska firmy Ammann, APF 15, ať již při pracovní šířce 400, či 500 mm. Nabízí nejvyšší frekvenci a dobrou hutnicí sílu při výkonu jejího motoru. Srovnání hutnicích sil, které vybrané jednosměrné desky nabízí je vyobrazeno v grafu na obr. 7.4.1, srovnání jejich pracovních šířek se nachází v grafu na obr. 7.4.2. Frekvence vybrané techniky jsou porovnány v grafu na obr. 7.4.3, zatímco výkony jejich motorů jsou vykresleny v grafu na obr. 7.4.4.



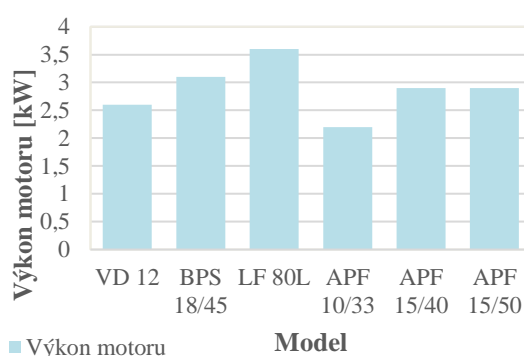
Obr. 7.4.1 Graf hutnicích sil vybraných jednosměrných vibračních desek první třídy



Obr. 7.4.2 Graf pracovních šířek vybraných jednosměrných vibračních desek první třídy



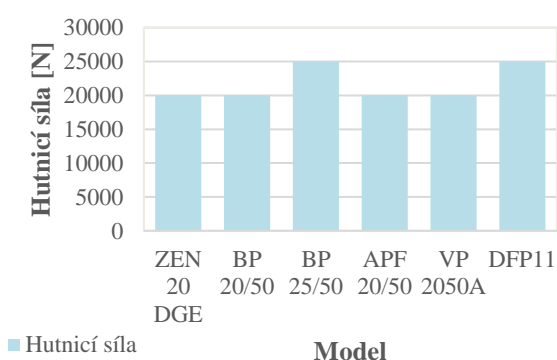
Obr. 7.4.3 Graf frekvencí vybraných jednosměrných vibračních desek první třídy



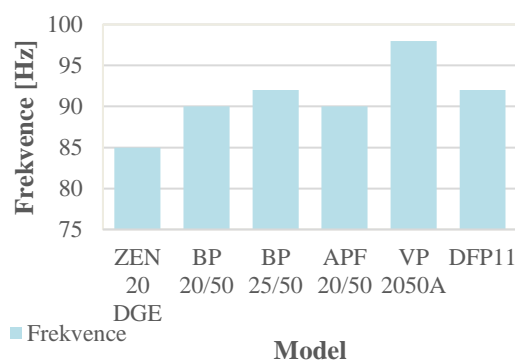
Obr. 7.4.4 Graf výkonů motorů vybraných jednosměrných vibračních desek první třídy

JEDNOSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY DRUHÉ TŘÍDY

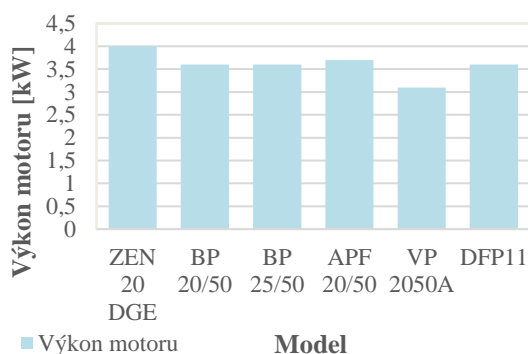
Z druhé třídy jednosměrných vibračních desek bylo vybráno šest produktů s nejlepšími hodnotami poměrných parametrů α a β . Tyto vybrané jednosměrné vibrační desky jsou v přehledu hlavních a poměrných parametrů, jenž je uveden v příloze 9, označeny červeně. V druhé třídě jednosměrných vibračních desek má nejlepší poměrné parametry deska firmy Bomag BP25/50 a deska se zcela totožnými parametry, firmy Dynapac, DFP11. Obě desky na svou hmotnost a výkon motoru nabízejí velmi dobrou hutnicí sílu i frekvenci, vyšší frekvenci nabízí v této třídě pouze deska VP 2050A od Wacker Neuson. Ta má sama při srovnatelné hmotnosti a lehce menším výkonu motoru o 5 kN menší hutnicí sílu. Všechny vybrané desky této třídy mají pracovní šířku 500 mm s výjimkou desky VP 2050A, u které výrobce uvádí pracovní šířku desky 505 mm. Srovnání hutnicích sil vybraných jednosměrných desek v této třídě je vyobrazeno v grafu na obr. 7.4.5. V grafu na obr. 7.4.6 jsou vyobrazeny rozdíly ve frekvencích jednotlivých jednosměrných vibračních desek, zatímco v grafu na obr. 7.4.7 je vykresleno srovnání výkonů jejich motorů.



Obr. 7.4.5 Graf hutnicích sil vybraných jednosměrných vibračních desek druhé třídy



Obr. 7.4.6 Graf frekvencí vybraných jednosměrných vibračních desek druhé třídy



Obr. 7.4.7 Graf výkonů motorů vybraných jednosměrných vibračních desek druhé třídy

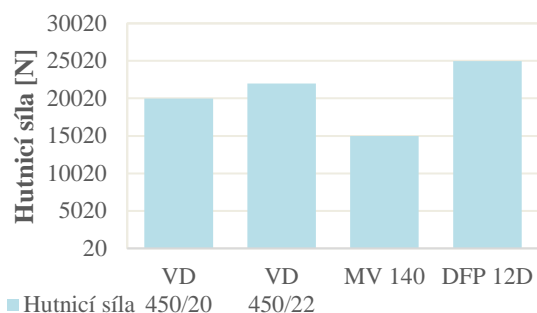
JEDNOSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY TŘETÍ TŘÍDY

Ve třetí třídě jednosměrných vibračních desek byly vybrány čtyři jednosměrné vibrační desky, které jsou červeně vyznačeny v tab. 7.4.2, celkovém přehledu hlavních a poměrných parametrů jednosměrných vibračních desek pro tuto třídu.

Tab. 7.4.2 Přehled hlavních a poměrných parametrů jednosměrných vibračních desek třetí třídy

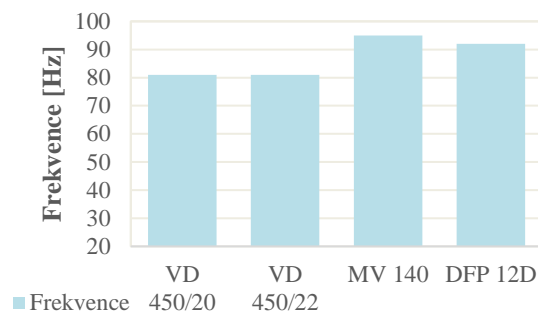
Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(–)	(–)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	(kN·kW ⁻¹)	(–)
Lumag	RP i13	114	1118	13500	500	70	4,8	2,81	12,08
NTC	VD 450/20	115	1128	20000	450	81	3,6	5,56	17,73
	VD 450/22	140	1373	22000				6,11	16,02
Chicago pneumatic	MV115	118	1157	17000	500	95	2,5	6,8	14,69
	MV135	133	1304	20000			4,1	4,88	15,34
	MV140	140	1373	20000			2,5	8	14,57
Mikasa	T100D	120	1177	15000	500	100	3,5	4,29	12,74
Husqvarna	LF 130LT*	135	1324	20000	500	95	3,6	5,56	15,11
Wacker Neuson	DPS 1850 Vario	114	1118	18000	500	98	3,4	5,29	16,1
Dynapac	DFP12D	122	1196	25000	500	92	4,1	6,1	20,9

Z této třídy jednosměrných vibračních desek má nejlepší poměrné parametry α a β deska firmy Dynapac, DFP12D. Dosahuje nejlepšího poměru hutnicí síly ku tíze stroje, a to při přijatelném výkonu motoru. Dobrého hodnocení dosahují rovněž jednosměrné vibrační desky firmy NTC, které nicméně proti ostatním vybraným deskám mají nejnižší frekvenci a pracovní šířku pouze 450 mm, zatímco ostatní desky mají pracovní šířku 500 mm. Srovnání hutnicích sil vybraných jednosměrných vibračních desek je vyobrazeno na grafu na obr. 7.4.8. Rozdíly frekvencí těchto strojů jsou vykresleny v grafu na obr. 7.4.9, zatímco graf na obr. 7.4.10 ukazuje rozdíly ve výkonech jejich motorů.



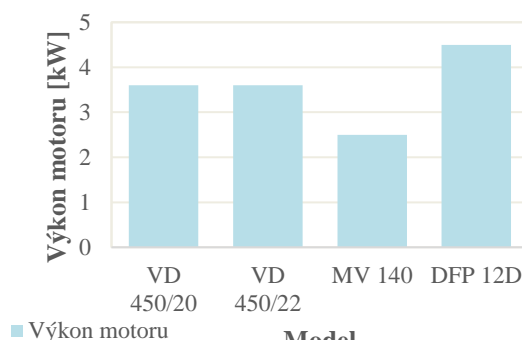
Model

Obr. 7.4.8 Graf hutnicích sil vybraných jednosměrných vibračních desek třetí třídy



Model

Obr. 7.4.9 Graf frekvencí vybraných jednosměrných vibračních desek třetí třídy



Model

Obr. 7.4.10 Graf výkonů motorů vybraných jednosměrných vibračních desek třetí třídy

7.5 TECHNICKÉ PARAMETRY OBOUSMĚRNÝCH VIBRAČNÍCH DESEK

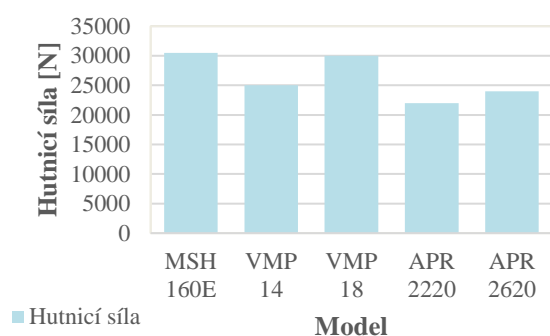
V rámci provozních hmotností (dle přílohy 6) byly obousměrné vibrační desky rozděleny do čtyř tříd. Parametry těchto tříd jsou uvedeny v tab. 7.5.1. Celkový přehled všech parametrů obousměrných vibračních desek je v příloze 6.

Tab. 7.5.1 Přehled tříd a jejich parametrů pro obousměrné vibrační desky

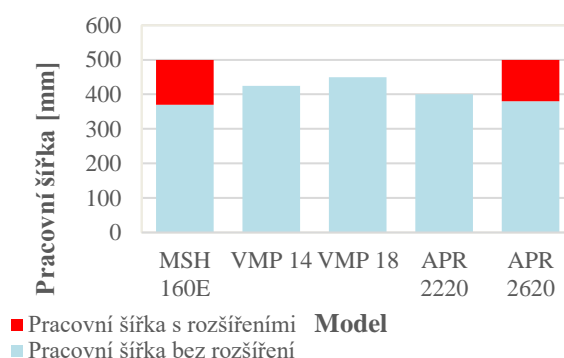
Třídy	1	2	3	4
Provozní hmotnost (kg)	60-200	200-400	400-670	670-1200
Tíha stroje (N)	590-2000	1900-4000	3900-6600	6600-11500
Hutnicí síla (N)	15000-30500	32000-60000	45000-75000	63000-130000
Pracovní šířka (mm)	350-600	430-750	450-850	650-1200
Frekvence (Hz)	66-100	60-90	55-74	40-65
Výkon motoru (kW)	2,6-6,6	3,1-9,6	6,4-10,3	10,3-21

OBOUSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY PRVNÍ TŘÍDY

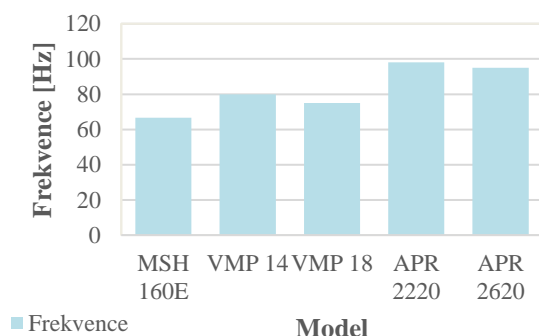
V první třídě obousměrných desek bylo vybráno pět produktů s vysokými poměrnými parametry α a β . Tyto obousměrné desky jsou červeně vyznačeny v přehledu hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek první třídy, jenž se nachází v příloze 10. Nejlepší parametry nabízí obousměrná vibrační deska firmy Ammann, APR 2220, která na svou - pro obousměrné vibrační desky - velmi nízkou hmotnost vyvíjí vysokou hutnicí sílu za nízkého výkonu motoru. Z vybraných desek rovněž nabízí nejvyšší frekvenci. Velmi dobrých výsledků v této třídě dosahují i obousměrné vibrační desky firmy JCB, konkrétně deska VMP18 nabízí na malý výkon motoru vysokou hutnicí sílu. Její frekvence je nicméně nižší. Srovnání hutnicích sil těchto vybraných obousměrných desek je vyobrazeno v grafu na obr. 7.5.1. V grafu na obr. 7.5.2 jsou vykresleny rozdíly pracovních šířek, zatímco graf na obr. 7.5.3 znázorňuje rozdíly ve frekvencích a graf na obr. 7.5.4 ve výkonech jejich motorů.



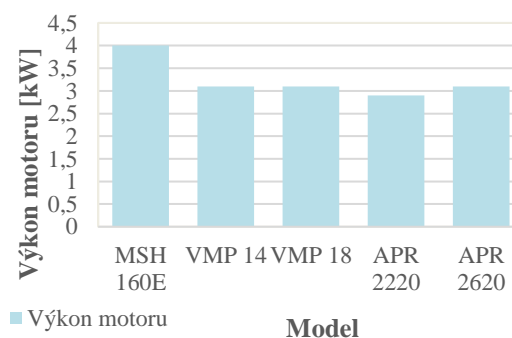
Obr. 7.5.1 Graf hutnicích sil vybraných obousměrných vibračních desek první třídy



Obr. 7.5.2 Graf pracovních šířek vybraných obousměrných vibračních desek první třídy



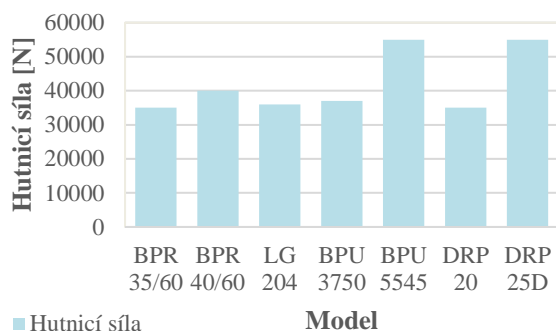
Obr. 7.5.3 Graf frekvencí vybraných obousměrných vibračních desek první třídy



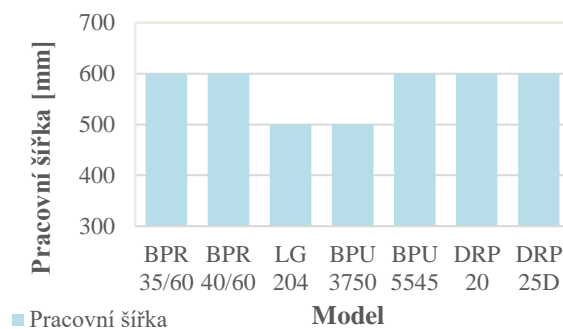
Obr. 7.5.4 Graf výkonů motorů vybraných obousměrných vibračních desek první třídy

OBOUSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY DRUHÉ TŘÍDY

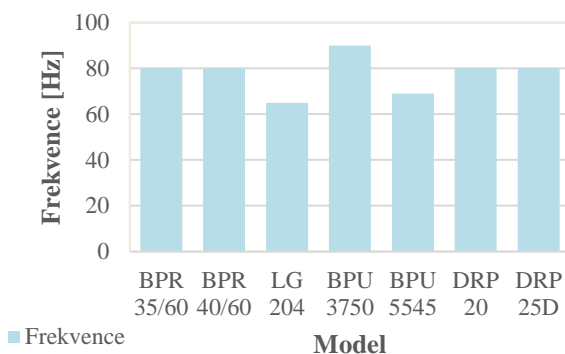
Šest obousměrných vibračních desek, které byly z této třídy vybrány na základě jejich vysokých poměrných parametrů α a β , je červeně vyznačeno v přehledu hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek druhé třídy, jenž se nachází v příloze 11. Parametry desek firem Dynapac a Bomag se prolínají a jejich modely DRP25D pro Dynapac a BPR 40/60 pro Bomag jsou na základě jejich poměrných parametrů hodnoceny nejlépe. Vzhledem k výkonům jejich motorů nabízejí při vysoké frekvenci vynikající hutnicí sílu. Rozdíly v hutnicích silách jednotlivých vybraných strojů jsou znázorněny v grafu na obr. 7.5.5. V grafu na obr. 7.5.6 jsou rozdíly pracovních šířek vybraných strojů, zatímco v grafu na obr. 7.5.7 je srovnání jejich frekvencí a v grafu na obr. 7.5.8 jsou znázorněny výkony jejich motorů.



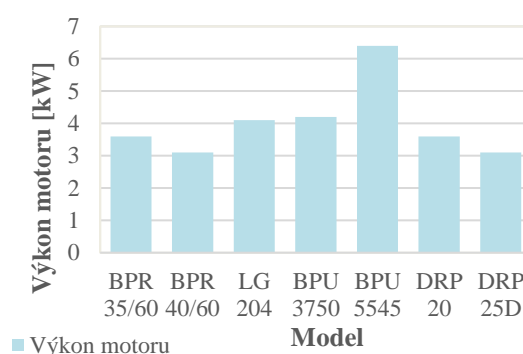
Obr. 7.5.5 Graf hutnicích sil vybraných obousměrných vibračních desek druhé třídy



Obr. 7.5.6 Graf pracovních šířek vybraných obousměrných vibračních desek druhé třídy



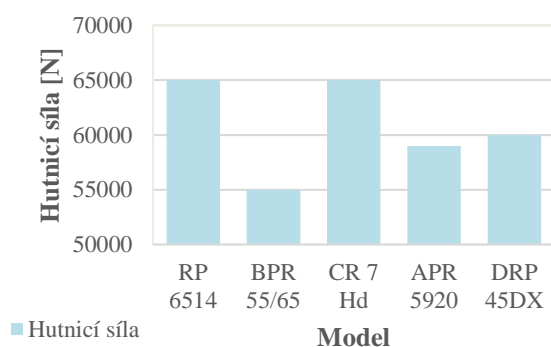
Obr. 7.5.7 Graf frekvencí vybraných obousměrných vibračních desek druhé třídy



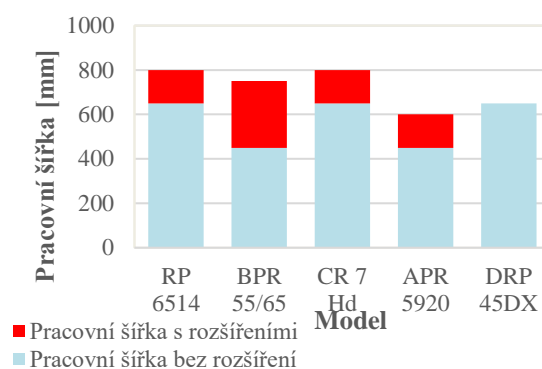
Obr. 7.5.8 Graf výkonů motorů vybraných obousměrných vibračních desek druhé třídy

OBOUSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY TŘETÍ TŘÍDY

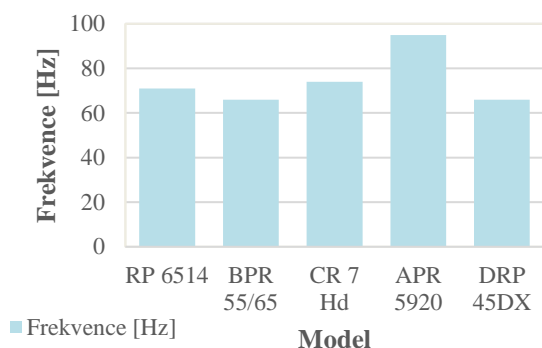
Ze třetí třídy obousměrných vibračních desek bylo na základě nejlepších poměrných parametrů α a β vybráno pět strojů. Ty jsou v přehledu jejich hlavních a poměrných parametrů označeny červeně. Tento přehled se nachází v příloze 12. Z těchto vybraných obousměrných vibračních desek má nejlepší poměrné parametry obousměrná vibrační deska firmy Ammann, APR 5920, jež má na svou hmotnost, hutnicí sílu a frekvenci ve srovnání s ostatními deskami nižší výkon motoru. Srovnání hutnicích sil, které vybrané obousměrné desky třetí třídy nabízí, je vyobrazeno v grafu na obr. 7.5.9, srovnání jejich pracovních šířek se nachází v grafu na obr. 7.5.10. Frekvence vybrané techniky jsou porovnány v grafu na obr. 7.5.11, zatímco výkony jejich motorů jsou vykresleny v grafu na obr. 7.5.12.



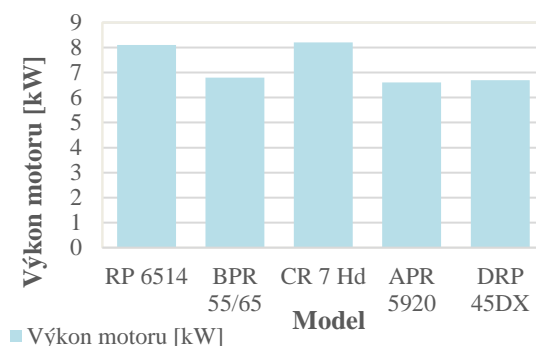
Obr. 7.5.9 Graf hutnicích sil vybraných obousměrných vibračních desek třetí třídy



Obr. 7.5.10 Graf pracovních šířek vybraných obousměrných vibračních desek třetí třídy



Obr. 7.5.11 Graf frekvencí vybraných obousměrných vibračních desek třetí třídy



Obr. 7.5.12 Graf výkonů motorů vybraných obousměrných vibračních desek třetí třídy

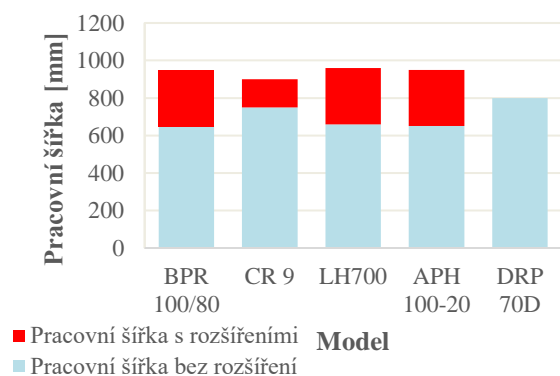
OBOUSMĚRNÉ VIBRAČNÍ DESKY ČTVRTÉ TŘÍDY

Ve čtvrté a poslední třídě obousměrných vibračních desek byly vybrány tři produkty, které svými hlavními parametry dosáhly nejvyšších poměrných parametrů α a β v této třídě. Tyto vybrané stroje jsou červeně zvýrazněny v tab. 7.5.2, přehledu hlavních a poměrných parametrů vibračních desek obousměrných čtvrté třídy.

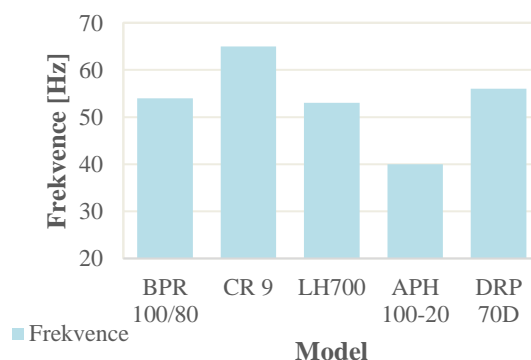
Tab. 7.5.2 Přehled hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek čtvrté třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	(kN·kW ⁻¹)	(-)
Bomag	BPH 80/65 S	707	6933	80000	650/800	55	10,9	7,34	11,54
	BPR 100/80	677	6639	100000	650/950	54	10,3	9,71	15,06
Husqvarna	LH 700	780	7649	95000	660/960	53	11,0	8,64	12,42
	LH 804	820	8041					8,64	11,81
Weber MT	CR 9	740	7257	100000	750/900	65	11,2	8,93	13,78
Ammann	APH 100-20	675	6619	100000	650/950	40	10,9	9,17	15,11
	APH 110-95	765	7502	110000	650/950	48	17,5	6,29	14,66
	APH 1000TC	715	7012	63000	650/800	46	10,9	5,78	8,98
Wacker Neuson	DPU80	756	7414	80000	670/770	56	11,5	6,96	10,79
	DPU90		7414	90000		63		7,83	12,14
	DPU 110	813	7973	110000	870/970	60	18,5	5,95	13,8
	DPU 130r	1170	11474	130000	1200	58	21	6,19	11,33
Dynapac	DRP 70D	687	6737	100000	800	56	10,3	9,71	14,84

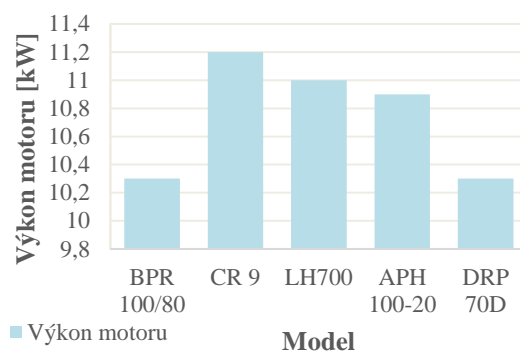
Z těchto vybraných obousměrných vibračních desek má nejlepší parametry vibrační deska s reverzním chodem firmy Bomag, BPR 100/80. Ta se se svou hmotností, hutnicí silou a pracovní šířkou téměř vůbec neliší od desky firmy Ammann, APH 100-20. Oproti APH 100-20 nicméně nabízí vyšší frekvenci při nižším výkonu motoru. Obousměrná vibrační deska DRP 70D, firmy Dynapac se od BPR 100/80 liší pouze v pracovní šířce a nepatrně v hmotnosti, proto je tedy z hlediska parametrů rovněž jednou z nejlepších desek této třídy. Z hlediska dynamických účinků mají všechny vybrané desky hutnicí sílu uváděnou výrobcem stejnou, a to 100 kN pouze s výjimkou desky firmy Husqvarna, LH 700, která má hutnicí sílu 95 kN. Srovnání pracovních šířek těchto vybraných strojů je vykresleno v grafu na obr. 7.5.13. V grafu na obr. 7.5.14 jsou znázorněny frekvence vybrané techniky a v grafu na obr. 7.5.15 je porovnání výkonů jejich motorů.



Obr. 7.5.13 Graf pracovních šířek vybraných obousměrných vibračních desek čtvrté třídy



Obr. 7.5.14 Graf frekvencí vybraných obousměrných vibračních desek čtvrté třídy



Obr. 7.5.15 Graf výkonů motorů vybraných obousměrných vibračních desek čtvrté třídy

7.6 TECHNICKÉ PARAMETRY VIBRAČNÍCH PĚCHŮ

Vibrační pěchy byly na základě jejich pracovní hmotnosti (dle přílohy 7) rozděleny do tří tříd. Parametry těchto tříd jsou uvedeny v tab. 7.6.1. Celkový přehled všech parametrů kategorie vibračních pěchů je uveden v příloze 7.

Tab. 7.6.1 Přehled tříd a jejich parametrů pro vibrační pěchy

Třídy	1	2	3
Provozní hmotnost (kg)	25-50	50-72	72-100
Tíha stroje (N)	250-500	500-720	720-10000
Hutnicí síla (N)	2000-9100	10000-18300	10000-29000
Pracovní šířka (mm)	80-140	150-285	280-330
Frekvence (Hz)	10,7-13,3	10-12	7,5-12,2
Výkon motoru (kW)	1,0-2,1	2,0-3,4	2,0-4,8

VIBRAČNÍ PĚCHY PRVNÍ TŘÍDY

Vzhledem k malému počtu produktů na trhu v této třídě nebyly vybírány žádné produkty. Celkový přehled hlavních a poměrných parametrů vibračních pěchů první třídy je uveden v tab. 7.6.2.

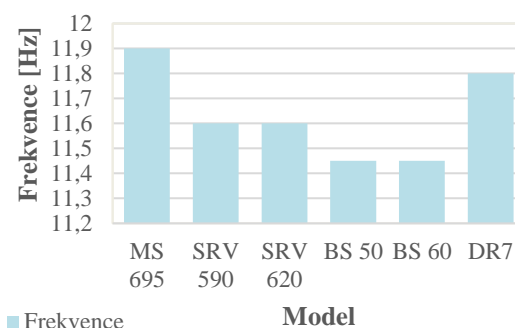
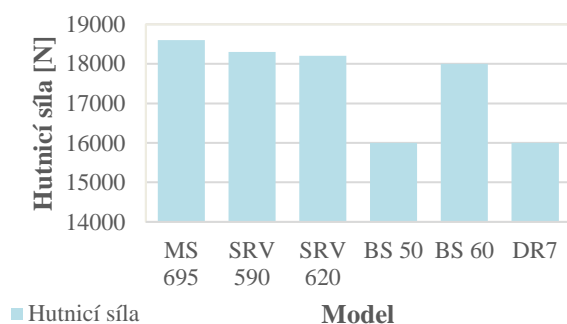
Tab. 7.6.2 Přehled hlavních a poměrných parametrů vibračních pěchů první třídy

Výrobce	Model	Provozní hmotnost	Tíha stroje	Hutnicí síla	Pracovní šířka	Frekvence	Výkon motoru	α	β
(-)	(-)	(kg)	(N)	(N)	(mm)	(Hz)	(kW)	($\text{kN} \cdot \text{kW}^{-1}$)	(-)
Lumag	LVS30	32	314	9100	135	13,1	1,0	9,1	28,98
Mikasa	MTR 40	47	461	5400	150	10,7-11,6	2,1	2,57	11,71
Weber MT	SRV 300	32	314	9100	140	13,2	1,0	9,1	28,98
Ammann	ATR30	28	275	2000	80/130	13,3	1,1	1,82	7,27

Z této třídy jednoznačně vynikají vibrační pěchy úzkých rozměrů od firem Lumag a Weber MT. A to LVS30 od Lumag a SRV 300 od Weber MT. Při velmi nízkém výkonu a kompaktních rozměrech nabízí nejvyšší hutnicí sílu v této třídě.

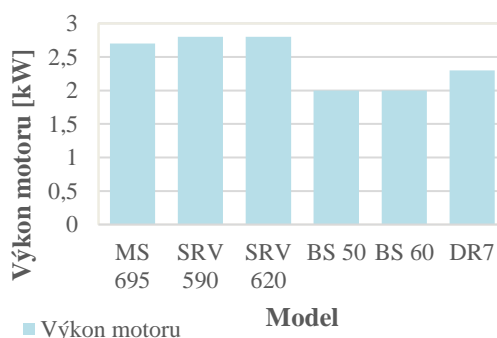
VIBRAČNÍ PĚCHY DRUHÉ TŘÍDY

Z druhé třídy vibračních pěchů bylo vybráno šest produktů, které mají vysoké oba poměrné parametry α a β . Tyto stroje jsou v celkovém přehledu hlavních a poměrných parametrů, který je uveden v příloze 13, vyznačeny červeně. Vibrační pěchy druhé třídy s nejlepšími parametry jsou ty od firmy Wacker Neuson a to konkrétně modely BS50 a BS60. Při nejnižším výkonu motoru nabízejí srovnatelnou hutnicí sílu a frekvenci jako ostatní vybrané vibrační pěchy. Všechny vybrané vibrační pěchy mají stejnou pracovní šířku a to 280 mm. V grafu na obr. 7.6.1 je znázorněn rozdíl v hutnicích silách vybraných vibračních pěchů. Srovnání jejich frekvencí ukazuje graf na obr. 7.6.2 a výkony jejich motorů porovnává graf na obr. 7.6.3.



Obr. 7.6.1 Graf hutnicích sil vybraných vibračních pěchů druhé třídy

Obr. 7.6.2 Graf frekvencí vybraných vibračních pěchů druhé třídy

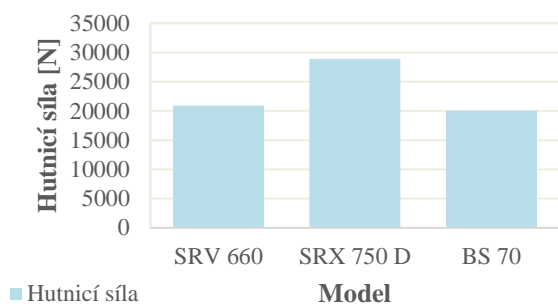


Obr. 7.6.3 Graf výkonů motorů vybraných vibračních pěchů druhé třídy

VIBRAČNÍ PĚCHY TŘETÍ TŘÍDY

Z poslední třídy vibračních pěchů byly vybrány tři produkty, které svými poměrnými parametry α a β vyčnívají nad ostatní vibrační pěchy třetí třídy. Tyto vybrané vibrační pěchy jsou v přehledu hlavních a poměrných parametrů vibračních pěchů třetí třídy, jenž je uveden v příloze 14, zvýrazněny červeně. Nejlepší hutnicí sílu na nejmenší výkon nabízí vibrační pěch

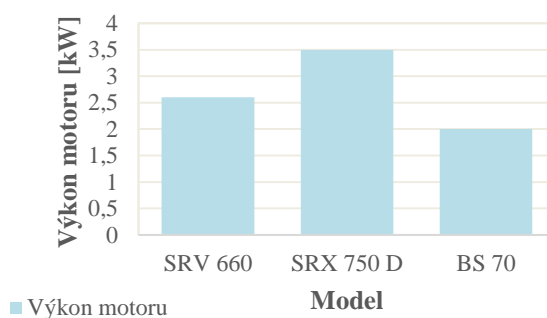
firmy Wacker Neuson, BS70. Nicméně mezi vibračními pěchy bezkonkurenční hutnicí silou 28,9 kN disponuje největší vibrační pěch firmy Weber MT, SRX 750 D. Všechny vybrané vibrační pěchy mají stejnou pracovní šířku, a to 280 mm. Srovnání jejich hutnicích sil je vyobrazeno v grafu na obr. 7.6.4. Graf na obr. 7.6.5 ukazuje rozdíly mezi frekvencemi vybraných vibračních pěchů a graf na obr. 7.6.6 porovnává výkony jejich motorů.



Obr. 7.6.4 Graf hutnicích sil vybraných vibračních pěchů třetí třídy



Obr. 7.6.5 Graf frekvencí vybraných vibračních pěchů třetí třídy



Obr. 7.6.6 Graf výkonů motorů vybraných vibračních pěchů třetí třídy

9 DALŠÍ SMĚŘOVÁNÍ V OBLASTI RUČNĚ OVLÁDANÉ HUTNICÍ TECHNIKY

Lze předpokládat, že se vývoj v oblasti lehké hutnicí techniky bude ubírat směrem bezpečnosti operátora stroje. Toho se dosáhne zdokonalováním odpružení vodících prvků na všech vedených strojích pro minimalizaci přechodu vibrací ze stroje na člověka. Rovněž je zde možnost plného zamezení kontaktu dělníka se strojem dálkovým ovládáním tak, jak je tomu již nyní u technologie infračerveného dálkového ovládání pro příkopové vibrační válce, případně některé modely reverzních vibračních desek.

Pořízení prostředků k automatizaci je v dnešní době čím dál cenově dostupnější a tak je možné, že se větší výrobci do budoucna zaměří na otázku automatizace zhutňování větších ploch dálkově ovladatelnou hutnicí technikou v kombinaci s jedním z mnoha navigačních systémů a výpočetní technologií. Výhodou takového řešení by byla eliminace nutnosti lidské obsluhy, což spolu s finanční úlevou přináší rovněž možnost nepřetržitého provozu a tudíž dokončení operace v minimálním čase bez nutnosti střídání lidské obsluhy v rámci směnového systému. Další možností plně autonomní hutnicí techniky by byly samořízené hutnicí stroje. Takový stroj bude potřeba vybavit mnoha senzory, jako jsou kupříkladu radarové systémy, laserové senzory, kamery a přijímače různých signálů. Přestože toto řešení bude pravděpodobně nejprve uplatněno u těžké hutnicí techniky, není vyloučeno, že z něj do budoucna nebudou profitovat i lehčí stroje. Případně, že s tímto pokrokem nevzniknou úplně nové kategorie hutnicí techniky. Mezi požadavky na takové stroje bude patřit monitorizace zhutnění zeminy v reálném čase pro správnou regulaci hutnění, navigace kolem překážek, autonomní doplnění paliva či dobití baterií a zaparkování stroje po dokončení úkolu. To vše s maximálním soustředěním na celkovou bezpečnost svému okolí. Do kategorie autonomní hutnicí techniky by také mohl spadnout stroj, který bude pouze následovat přesnou trasu stroje před ním. Vedoucí stroj pak může být ovládán jak samostatně, tak operátorem dálkově nebo ručně.

V otázce pohonů budičů vibrace je pravděpodobné, že se vývoj bude ubírat směrem bezdrátových elektrických motorů. Největším problémem takového pohonu je akumulátorová baterie, jež je v dnešní době limitována svou výdrží, životností a rychlostí nabíjení. Je tedy na místě předpokládat, že pokroky ve vývoji baterií budou doprovázeny širším užitím těchto alternativních pohonů u lehké hutnicí techniky. Výhodou pokroků v této oblasti bude odlehčení emisního zatížení jak z hlediska ekosystému, tak z hlediska bezpečnosti lidské obsluhy. Hygienická úleva přichází i po stránce akustického zatížení. Rovněž by toto řešení umožňovalo uplatnění hutnicí techniky v uzavřených prostorech, kupříkladu při hutnění určitých druhů dlažeb lehkými válečkovými vibračními deskami. Dalšími pohony s potenciálem vylepšit jak lehkou, tak těžkou hutnicí techniku, jsou pohony hybridní.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracovat rozbor řešeršního typu shrnující dosavadní poznatky v oblasti zhutňování ručně vedenými ručními zařízeními. Úvodní část práce se věnuje legislativě výroby a provozu ručně ovládané hutnicí vibrační techniky, která popisuje zejména hlukové a vibrační zatížení obsluhy, dále se úvodní část věnuje popisu základních pojmů hutnění coby technologického procesu. Hlavní část práce se zabývá kategorizací a konstrukčně technologickým popisem ručně vedené hutnicí vibrační techniky. Ručně vedená hutnicí vibrační technika byla přehledně rozdělena na vibrační válce, vibrační desky a na stroje zhutňující úderem. Každá tato kategorie byla dále rozdělena na příslušné podkategorie. V rámci kritického rozboru technických parametrů ručně vedené hutnicí vibrační techniky byly shromážděny technické parametry přes dvě stě padesát produktů tuzemských a zahraničních výrobců. U těch nejlepších z nich bylo poté provedeno srovnání jejich hlavních parametrů v rámci příslušných kategorií a jednotlivých tříd.

Technologický proces zhutňování zemin a živičných povrchů je stěžejním a základním pracovním úkonem ve stavitelství, který radikálně rozhoduje o finální kvalitě díla. Kvalitu výsledku zhutňovacího procesu ovlivňuje mnoho faktorů, jako je výběr vhodného stroje, správné přizpůsobení jeho funkčních vlastností stavu a druhu zhutňovaného materiálu a zvolený technologický postup. Využití ručně vedené hutnicí vibrační techniky zaujímá hlavní pozici při zakládání a údržbě staveb a pozemních komunikací menších rozměrů. U rozsáhlejších staveb slouží k pomocným a dokončovacím hutnicím pracem. V příloze 1 se nachází orientační přehled vhodnosti využití jednotlivých druhů ručně vedené hutnicí vibrační techniky. Konečnou vhodnost využití konkrétního výrobku vždy uvádí výrobce. Vhodnost využití daným druhem stroje je označen A, nevhodnost využití N a otazník označuje omezenou vhodnost, případně nutnost úpravy stroje.

V současnosti se na evropském trhu s lehkou hutnicí technikou objevuje mnoho výrobců a distributorů nabízejících zákazníkovi široké spektrum řešení v oblasti zhutňování ručně vedenou vibrační technikou. Inovace se v tomto oboru v posledních letech soustředí nejen na samotné zlepšení konstrukčních řešení strojů pro zvýšení efektivity techniky a ochrany zdraví obsluhy ale i na zefektivnění celého procesu lepším měřením zhutnění zeminy.

Závěrečná část práce se kromě popisu předních výrobců lehké hutnicí techniky soustředí na předpokládaný vývoj do budoucna v oblasti hutnění ručně vedenou vibrační technikou. V tomto ohledu je jisté, že se v budoucnu bude s vývojem akumulátorových baterií více výrobců soustředit na vývoj lehké hutnicí techniky na elektrický pohon.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JEŘÁBEK, Karel et al. *Stroje pro zemní práce, silniční stroje*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-389-3.
- [2] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1045-9.
- [3] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2006/42/ES ze dne 17. května 2006 o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES (přepracované znění)*. In: . Brusel: Evropský parlament; Rada Evropské unie, 2006, číslo 42.
- [4] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/14/ES ze dne 8. května 2000 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se emisí hluku zařízení, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí*. In: . Brusel: Evropský parlament; Rada Evropské unie, 2000, číslo 14.
- [5] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2004/108/ES ze dne 15. prosince 2004 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility a o zrušení směrnice 89/336/EHS*. In: . Brusel: Evropský parlament; Rada Evropské unie, 2005, číslo 108.
- [6] ČSN ISO 7130. *Stroje pro zemní práce - Výcvik obsluhy - Obsah a metody*. 2. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [7] ČSN EN 60204-1 ED.2. *Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky*. 5. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [8] ČSN EN ISO 6165. *Stroje pro zemní práce - Základní typy - Identifikace, termíny a definice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [9] ČSN EN 474-1+A5. *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 1: Obecné požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [10] ČSN EN 500-1+A1. *Pojízdné stroje pro stavbu vozovek - Bezpečnost - Část 1: Společné požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] ČSN EN 500-4. *Pojízdné stroje pro stavbu vozovek - Bezpečnost - Část 4: Specifické požadavky na stroje pro zhutňování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [12] ČSN EN ISO 11200. *Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Návod pro používání základních norem pro určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [13] ČSN EN ISO 11201. *Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech v přibližně volném poli nad odrazivou rovinou se zanedbatelnými korekcemi na prostředí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

- [14] ČSN ISO 7574-1. *Akustika. Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 1: Všeobecné zásady a definice*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1993.
- [15] ČSN EN ISO 4871. *Akustika - Deklarování a ověřování hodnot emise hluku strojů a zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [16] ČSN EN ISO 3744. *Akustika - Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Technická metoda pro přibližně volné pole nad odrazivou rovinou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [17] ČSN ISO 2041. *Vibrace, rázy a monitorování stavu - Slovník*. 3. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [18] ČSN ISO 5805. *Vibrace a rázy - Expozice člověka - Slovník*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [19] ČSN ISO 20816-1. *Vibrace - Měření a hodnocení vibrací strojů - Část 1: Obecné pokyny*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [20] ČSN EN ISO 20643. *Vibrace - Ruční a rukou vedená strojní zařízení - Principy hodnocení emise vibrací*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [21] ČSN EN 12096. *Vibrace - Deklarování a ověřování hodnot emise vibrací*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [22] ČSN EN ISO 5349-1. *Vibrace - Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce - Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [23] ČSN EN ISO 5349-2. *Vibrace - Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce - Část 2: Praktický návod pro měření na pracovním místě*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [24] About Soil Compaction. *Mikasa* [online]. 2016 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: http://www.mikasa.com/english/service/pdf/20161212About_Soil_Compaction.pdf
- [25] Bomag's Walk-Behind Single Drum Vibratory Roller – BW55E. In: *EQUIPMENT WORLD* [online]. February 19, 2008 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.equipmentworld.com/bomags-walkbehind-single-drum-vibratory-roller-bwe/>
- [26] BW 65 H D/E. In: *BOMAG* [online]. 1997 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.bomag.com/us/en/products/light-compaction-equipment/Walk-Behind-Rollers/BW+65+H+D:E.html>
- [27] Product Range. *JCB* [online]. 2019 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.jcb.com/origin2017/~/_asset/14/39646.ashx
- [28] ARW 65 WITH YANMAR DIESEL ENGINE. In: *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <http://www.ammann.com/us-en/machines/light-equipment/walk-behind-rollers/arw-65-with-yanmar-diesel-engine>

- [29] ARR 1585. In: *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <http://www.ammann.com/cz-cz/machines/light-equipment/trench-rollers/arr-1585-t4f>
- [30] ARR 1575. In: *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/cz-cz/machines/light-equipment/trench-rollers/arr-1575-t4f>
- [31] Jednosměrné vibrační desky VD Elegant: VD 18. In: *NTC* [online]. 2006 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <http://www.ntc.cz/stavebni-stroje/profesionalni-stavebni-technika-ntc/detail-produktu/36-VD-18>
- [32] Reverzní vibrační deska CR 4i. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/CR4i_GB.pdf
- [33] High performance plate compactors 420-825 kg: APH 5030/6530/100-20/110-95. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: http://www.ammann.com/wp-content/uploads/aph_5030_6530_100-20_110-95_vibratory_plate_ace_es.pdf
- [34] Válečková vibrační deska: VPR 700. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/VPR_700_CZ.pdf
- [35] BS 50-2, BS60-2, BS70-2: 2taktní pěch. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7309&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=8918&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [36] ATR RAMMERS. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lxh39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/atr_rammers_brochure_mpm-1579-02-en_190131.pdf
- [37] The first explosion rammer in the world. In: *DELMAG* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://www.delmag.com/company.html>
- [38] Profil společnosti. *NTC* [online]. 2006 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.ntc.cz/stavebni-stroje/o-spolecnosti>
- [39] About Us. *LUMAG: DISTRIBUTION LTD* [online]. 2019 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.lumag-gb.co.uk/about-lumag-gb/>
- [40] O společnosti Lumag CZ s.r.o. *LUMAG* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.lumag.cz/o-nas>
- [41] About BOMAG. *BOMAG* [online]. 1997 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.bomag.com/ww-en/about/about-bomag/>
- [42] BOMAG LIGHT EQUIPMENT. *NORWIT* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.norwit.cz/wp-content/uploads/2018/11/katalog-bomag-2015.pdf>
- [43] OUR STORY OF INNOVATION: THE JCB STORY. *JCB* [online]. 2019 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.jcb.com/en-gb/about/timeline>

- [44] INNOVATING SUSTAINABLE SOLUTIONS. *JCB* [online]. 2019 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.jcb.com/en-gb/about/sustainable-solutions>
- [45] MESSAGE FROM PRESIDENT. *Mikasa* [online]. 2016 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.mikasa.com/english/company/message.shtml>
- [46] Husqvarna history. *Husqvarna* [online]. 2008 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.husqvarnacp.com/int/about-us/husqvarna-history/>
- [47] Atlas Copco to divest concrete and compaction business to Husqvarna Group. *Atlas Copco* [online]. December 22, 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.atlascopcogroup.com/en/media/corporate-press-releases/2017/20171222-divestment>
- [48] ABOUT AMMANN. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/us-en/about-ammann>
- [49] PRODUCTION SITES. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/en/about-ammann/production-sites>
- [50] FAMILY HISTORY. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/en/about-ammann/family-history>
- [51] ROAD CONSTRUCTION. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/en/technology/road-construction>
- [52] O společnosti. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.webermt.com/DE/cze/webermt/o-spolecnosti/>
- [53] VÝROBNÍ PROGRAM. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: http://www.webermt.de/uploads/PDF/Kataloge_Leporellos/Leporello_CZ.pdf
- [54] Our History. *Wacker Neuson Group* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://wackerneusongroup.com/en/the-group/our-history/>
- [55] Hand-Arm-Vibration (HAV). *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/en/industries-solutions/innovative-solutions/hand-arm-vibration-hav/>
- [56] Compatec. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/en/industries-solutions/innovative-solutions/compatec/>
- [57] Shatal Engineering. *EURO SHATAL* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.shatal.com/>
- [58] O společnosti. *Hecht* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/info/o-spolecnosti>
- [59] Vibrační desky. *PROGRESSA s.r.o.* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.progressa.cz/4228/vibracni-desky/>

- [60] History. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.enargroup.com/en-gb/company/history>
- [61] HISTORY. *Scheppach* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.scheppach.com/history.aspx>
- [62] PRODUCT GUIDE: LIGHT EQUIPMENT *BOMAG* [online]. 1997 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.bomag.com/dam/BOMAG/Other/Brochure/Full-Product-Guide-Light-Equipment_PRE101329_1903.pdf
- [63] EINRAD-VIBRATIONSWALZE: handgeführt VW-300PRO. *LUMAG* [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.lumag-maschinen.de/wp-content/uploads/bedienungsanleitungen2015/VW300PRO_manual_D_2018.pdf
- [64] PRODUCT CATALOGUE. *LUMAG: DISTRIBUTION LTD* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.lumag-gb.co.uk/wp-content/uploads/2018/04/22-03-18-Lumag-Catalogue-compressed.pdf>
- [65] KATALOG 2018. *NTC* [online]. 2006 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: http://www.ntc.cz/admin/files/ModuleCat/1453-NTC_2018_CZ%20Katalog.pdf
- [66] (CZ) 2018 Hutníci technika: Husqvarna Construction. *Issuu* [online]. Oct 17, 2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://issuu.com/husqvarna_construction/docs/compaction_brochure_cz_web
- [67] Vedený vibrační válec Lumag WA 580GX Honda motor. *LUMAG* [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.lumag.cz/vedeny-vibracni-valec-lumag-wa-600gx-honda-motor?tab=description>
- [68] Zhutňovací zařízení. *Chicago Pneumatic* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: http://www.chicagopneumatic.com/Images/9800109012_L_tcm285-3509129.pdf
- [69] DVH 600. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/DVH600_GB_240715.pdf
- [70] DVH 655 E. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/DVH655E_GB_2011.pdf
- [71] CONSTRUCTION EQUIPMENT: 2018-2019. *Mikasa* [online]. 2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.mikasas.com/english/products/catalog/2018-1/html5.html#page=1>
- [72] DOUBLE DRUM ROLLER: VMD70/VMD100. *JCB* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.jcb.com/origin2017/~/-/asset/14/7102.ashx>
- [73] RODILLO VIBRATORIO DUPLEX: REN600. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://cdn.enargroup.com/estaticos/pro/uploads/downloads/re_x_mu_01.pdf
- [74] VIBRATORY ROLLERS: REN650DK. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://cdn.enargroup.com/estaticos/pro/uploads/downloads/re_x_mu_01.pdf

- [75] ARW WALK-BEHIND ROLLERS. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/arw_walk_behind_rollers_brochure_mpb-1201-02-en_190218.pdf
- [76] RD7: Technical specifications. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/en/products/compaction/rollers/tandem-rollers/model/rd7/type/TechnicalData/>
- [77] DYNAPAC LIGHT COMPACTION. *DYNAPAC* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://dynapac.com/en/products/compaction/dynapac-dtr75>
- [78] Ježkový vibrační válec BOMAG BMP 851 a BMP 8500. *SIGNUM stavební stroje s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.signum-plzen.cz/katalog/vibracni-technika/jezkovy-vibracni-valec-bomag-bmp-851-a-bmp-8500>
- [79] LP9505. *Kolex* [online]. 2010 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: http://www.kolex.sk/svk/husqvarna/jezkove_vibracne_valce/lp9505/
- [80] ARR 1575: PŘÍKOPOVÝ VÁLEC. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/arr_1575_t4f_trench_roller_sell_sheet_mss-1276-01-cz.pdf
- [81] ARR 1575: PŘÍKOPOVÝ VÁLEC. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/arr_1575_t4f_trench_roller_sell_sheet_mss-1276-01-cz.pdf
- [82] ARR 1585: PŘÍKOPOVÝ VÁLEC. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/arr_1585_t4f_trench_roller_sell_sheet_mss-1278-01-cz.pdf
- [83] RTX-SC3: Technická data. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/cs/vyrobky/hutneni/valce/univerzalni-valce/model/rtx-sc3/type/TechnicalData/>
- [84] COMPACTION RANGE. *JCB* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://www.jcb.com/origin2017/~/_asset/14/13081.ashx
- [85] Trench rollers: TRC 66 / TRC 86. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/TRC66_TRC86_GB.pdf
- [86] Shatal 2017. *Vorlický stavební stroje* [online]. 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.vorel-praha.cz/wp-content/uploads/2017/06/Shatal-2017.pdf>
- [87] HP800S / HP1100S / HP1300S: Vibrační desky, Překlad originálu manuálu. *Domaci technika CZ* [online]. [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.domacitechnika.cz/pdf/hp1100s.pdf>
- [88] KATALOG: *TEKPAC. VIBRAČNÍ DESKY.cz* [online]. 2010 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.vibracnidesky.cz/web/file.php?id=109>

- [89] Forward Travel Vibratory plates: CF 2 / CF 3. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/CF2_CF3_GB_09-2014.pdf
- [90] Vibrační deska CF 1. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/CF1_CZ.pdf
- [91] VIBRAČNÍ DESKY APF. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lxh39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/apf_vibratory_plates_brochure_mpb-1535-01-cz.pdf
- [92] AP 1850e, AP1840e. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7312&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=9556&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [93] AP2560e. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7312&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=10667&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [94] Série VP (10–20 kN). *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7312&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=8991&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [95] Série WP (15 kN). *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7312&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=7035&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [96] Řada DPS (18 kN). *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7312&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=533&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [97] MODELCOMPARISON: ALL DENQBAR PLATE COMPACTORS AT A GLANCE. *DENQBAR* [online]. 2008 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.denqbar.com/tpl/download/Denqbar-compact-comparison.pdf>
- [98] Hecht: 2019 Jaro. *Hecht* [online]. 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://data.hecht.cz/katalogy/aktualni_cz/Katalog_CZ_2019_Jaro.pdf

- [99] Vibrační deska, Překlad originálu manuálu. *PRONAR* [online]. 2016 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://www.pronar.sk/cennikove-produkty/bauman/vybracne-dosky/vibracna-doska--podlozka--set-kolies-----bm-929140-rp/>
- [100] Catalog: Baugeräte. *Güde* [online]. 2018 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.guede.com/cgi-bin/twinklecom.cgi?contentidx=0¶m=PAGE&tid=12131&&RUNFUNCTION=HPAGE&requestinfo=riSOPT%5B%40%40%5D20%3BriAOPT%5B%40%40%5D16777216>
- [101] HP3000S: Vibrační deska, Překlad z originálního návodu k obsluze. *Domaci technika CZ* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.domacitechnika.cz/datazbozi/s/scheppach-hp-3000-s-aditivum-kryci-plachta-kanystr-oleje-extra-servis-a-doprava-zdarma-n1.pdf>
- [102] REVERSIBLE PLATE COMPACTORS: TEN 25/30. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://cdn.enargroup.com/estaticos/pro/uploads/downloads/BR_TEN_EN_CA_01.pdf
- [103] Reversible plate compactor: MS125. *TEKPAC* [online]. 2017 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://www.tekpac.com.cn/china/reversible-plate-compactor-ms125>
- [104] Reversible plate compactor: MSH160. *TEKPAC* [online]. 2017 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://www.tekpac.com.cn/china/reversible-plate-compactor-msh160>
- [105] PRODUCT CATALOG. *DÜLBERG/BRENDEL* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: http://service.duelberg.com/Weber_MT_Product_Catalog_GB_2018/#p=1
- [106] APR VIBRATORY PLATES. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/apr_vibratory_plates_brochure_mpb-1200-01-en_190510.pdf
- [107] Vibratory plates. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.in/fileadmin/user_upload/images/reg7_SSEA/downloads_wr7/en_wacker_neuson_vibratory_plates_06_2016.pdf
- [108] KATALOG 2019: scheppach. *Garland* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.garland.cz/files/downloads/2019-cz-scheppach-dotisk-brezen-web.pdf>
- [109] ZI-RAM80C: vibrating tamper. *ZIPPER* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.zipper-maschinen.at/datasheet.cfm?artikelID=4743&sprache=EN>
- [110] LVS-30GX: Vibrationsstampfer. *LUMAG* [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.lumag-maschinen.de/wp-content/uploads/datenblaetter2015/LVS30-GX.pdf>
- [111] TAMPING RAMMERS: DEEP. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://cdn.enargroup.com/estaticos/pro/uploads/downloads/PC_EN_CA_01.pdf
- [112] Tamping rammer: MR68H. *TEKPAC* [online]. 2017 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://www.tekpac.com.cn/china/tamping-rammer-mr68h>

- [113] Tamping rammer: MR70H. *TEKPAC* [online]. 2017 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://www.tekpac.com.cn/china/tamping-rammer-mr70h>
- [114] Tamping rammer: SG80H. *TEKPAC* [online]. 2017 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://www.tekpac.com.cn/china/tamping-rammer-sg80h>
- [115] Vibratory Tampers: SRV 590 / SRV 620 / SRV 660. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_for_USA/Product_Information/SRV590_620_660_GB_07_2016.pdf
- [116] Vibrating tamper: SRX 750 D. *Weber mt* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.webermt.com/uploads/PDF/PDF_Prospekte/SRX750D_GB_150615.pdf
- [117] VIBRAČNÍ PĚCHY ATR. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/atr_rammers_brochure_mpm-1579-02-cz_190131.pdf
- [118] BS 30: 2taktní pěch. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7309&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=87&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [119] AS50e, AS60e: Akumulátorový pěch. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7308&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=10938&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [120] AS30e: Akumulátorový pěch. *WACKER NEUSON* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.wackerneuson.cz/index.php?wackerneuson_productsfe%5BgetPiPdf%5D=1&id=7308&L=5&MP=312-256&wackerneuson_productsfe%5Bproductid%5D=4733&wackerneuson_productsfe%5Btype%5D=InfoMaterial&wackerneuson_productsfe%5BpdfLanguage%5D=5
- [121] VIBRATING PLATES: Instruction manual. *ENAR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://cdn.enargroup.com/estaticos/pro/uploads/downloads/bu_x_mu_01-2.pdf
- [122] LIGHT COMPACTION: PRODUCT RANGE. *AMMANN* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://1n000s1caj2j2lhx39vxh8l5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/light_compaction_brochure_mpb-1577-05-en.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>ČSN EN</i>	[-]	Česká technická norma, European Standard (harmonizovaná Evropská norma)
<i>ČSN EN ISO</i>	[-]	Česká technická norma, European Standard, Organisation for International Standardisation (harmonizovaná Evropská norma)
<i>ČSN ISO</i>	[-]	Česká technická norma, Organisation for International Standardisation (harmonizovaná mezinárodní norma)
<i>f</i>	[Hz]	Frekvence
<i>F_D</i>	[N]	Odstředivá síla
<i>K</i>	[dB]	Nejistota spojená s měřením hodnoty emise hluku
<i>L</i>	[dB]	Hodnota deklarované emise hluku určená přímo z měření
<i>L_d</i>	[dB]	Hodnota deklarované emise hluku vyjádřené jedním číslem
<i>L_{pA}</i>	[dB]	Hladina emisního akustického tlaku A na stanovených místech
<i>L_{pC}</i>	[dB]	Špičková hladina emisního akustického tlaku C na stanovených místech
<i>L_w</i>	[dB]	Hladina akustického výkonu
<i>L_{wA}</i>	[dB]	Hladina akustického výkonu A
<i>p</i>	[MPa]	Měrný tlak
<i>v</i>	[km·h ⁻¹]	Rychlost pohybu
<i>α</i>	[kN·kW ⁻¹]	Součinitel závislosti hutnicí síly na výkonu motoru
<i>β</i>	[-]	Součinitel vyjadřující násobnost dynamického účinku statickým účinkem stroje
<i>ρ</i>	[kg·m ⁻³]	Objemová hmotnost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Orientační přehled vhodnosti využití jednotlivých druhů ručně vedené hutnicí vibrační techniky	I
Příloha 2: Celkový přehled komerčně dostupných vedených jednoosých vibračních válců a jejich parametrů	II
Příloha 3: Celkový přehled komerčně dostupných vedených dvouosých vibračních válců a jejich parametrů	III
Příloha 4: Celkový přehled komerčně dostupných příkopových vibračních válců a jejich parametrů	IV
Příloha 5: Celkový přehled komerčně dostupných jednosměrných vibračních desek a jejich parametrů	V
Příloha 6: Celkový přehled komerčně dostupných obousměrných vibračních desek a jejich parametrů	VII
Příloha 7: Celkový přehled komerčně dostupných vibračních pěchů a jejich parametrů	XI
Příloha 8: Přehled hlavních a poměrných parametrů jednosměrných vibračních desek první třídy	XIII
Příloha 9: Přehled hlavních a poměrných parametrů jednosměrných vibračních desek druhé třídy	XIV
Příloha 10: Přehled hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek první třídy	XV
Příloha 11: Přehled hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek druhé třídy	XVI
Příloha 12: Přehled hlavních a poměrných parametrů obousměrných vibračních desek třetí třídy	XVII
Příloha 13: Přehled hlavních a poměrných parametrů vibračních pěchů druhé třídy	XVIII
Příloha 14: Přehled hlavních a poměrných parametrů vibračních pěchů třetí třídy	XIX